

# 送電線路の地絡故障現象に就いて

小 林 惟 康

工学部電気工学科

## 第1節 3相送電線路の働程

送電線路は云う迄も無く抵抗及び Inductance が線路に沿うて直列に分布し漏洩 Conductance及び静電容量が線路に沿うて並列に分布した分布定数回路として取扱う可きである。併し互長が短い線路はT型或いは $\pi$ 型の集中定数回路として更に短いものは並列 Admittance を省略して單なる集中直列 Impedance の回路として取扱はれることも屢々ある。

送電線路を分布定数回路として取扱うのは他の機会に譲り本文では簡単のために T型或いは $\pi$ 型回路の様な集中定数回路として取扱うことにする。

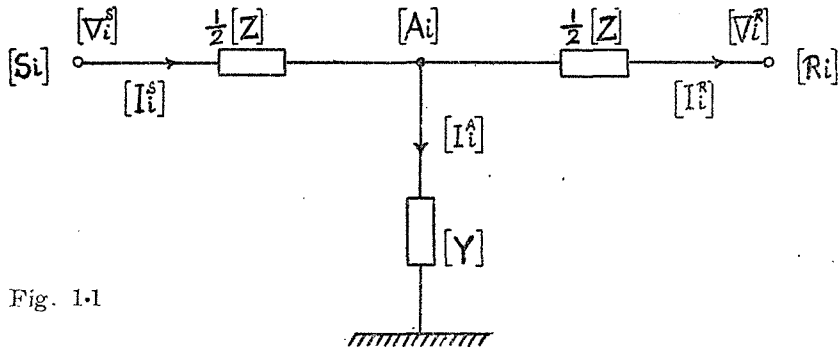


Fig. 1-1

### (a) T型線路

第 1-1 図に示したのは所謂 T 型線路であるが  $[Z]$  は全線路の直列 Impedance ( $\Omega_L$ ) で  $[Y]$  は全線路の並列 Admittance ( $\Omega_L$ ) である。而して Matrix の元素の附字 "i" は縦列の番号で相の a, b 及び c を表す。線路上に於ける電位及び電流を図の様に表し a 相を基準にとれば

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} [V_{ai}^s] \\ [I_{ai}^s] \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} [U] & \frac{1}{2}[Z] \\ [0] & [U] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [U] & [0] \\ [Y] & [U] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [U] & \frac{1}{2}[Z] \\ [0] & [U] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{ai}^R] \\ [I_{ai}^R] \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} [U] + \frac{1}{2}[Z][Y] & [Z]([U] + \frac{1}{2}[Y][Z]) \\ [Y] & [U] + \frac{1}{2}[Y][Z] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{ai}^R] \\ [I_{ai}^R] \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} ([U] + \frac{1}{2}[Z][Y])[V_{ai}^R] + [Z]([U] + \frac{1}{2}[Y][Z])[I_{ai}^R] \\ [Y][V_{ai}^R] + ([U] + \frac{1}{2}[Y][Z])[I_{ai}^R] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_L \\ A_L \end{bmatrix} \end{aligned}$$

但し  $[U] = [\delta_{ij}]$

$$[0] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

数 値

(1-1)

但し上式に於いて電位 Matrix と電流 Matrix との元素に於ける附字 "l" は縦列の番号で対称分の番号0, 1及び 2を表して居る。上式に於いて [Z] 及び [Y] なる Matrix は夫々 Impedance matrix [Z] 及び Admittance matrix [Y] の対称分の対称分であつて [C] を変換 Matrix

$$[C] = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \gamma^{-1} & \gamma^{-2} \\ 1 & \gamma^{-2} & \gamma^{-3/2} \end{bmatrix} \quad \text{数 値}_{\angle}$$

$$\text{但し} \quad \gamma = \varepsilon^{j\frac{2\pi}{3}} \quad \text{数 値}_{\angle}$$

とすれば

$$[Z] = [C]^{-1} [Z_l] [C] = \begin{bmatrix} Z_{00} & Z_{12} & Z_{21} \\ Z_{01} & Z_{10} & Z_{22} \\ Z_{02} & Z_{11} & Z_{20} \end{bmatrix} \quad \Omega_{\angle}$$

$$\text{但し } [Z_{0l}] = [C]^{-1} [Z_{il}], [Z_{1l}] = [C]^{-1} [Z_{il}], [Z_{2l}] = [C]^{-1} [Z_{il}] \quad \Omega_{\angle}$$

$$[Z_{i0}] = [Z_l] [1], [Z_{i1}] = [Z_l] [\gamma^{-(i-1)} \delta_{ij}] [1], [Z_{i2}] = [Z_l] [\gamma^{-(i-1)^2} \delta_{ij}] [1] \quad \Omega_{\angle}$$

$$[Z_l] = \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ca} \\ Z_{bb} & Z_{bc} & Z_{ab} \\ Z_{cc} & Z_{ca} & Z_{bc} \end{bmatrix} \quad \Omega_{\angle}$$

$$[1] = [1 \ 1 \ 1]_t \quad \text{数 値}$$

$$[Y] = [C]^{-1} [Y_l] [C] = \begin{bmatrix} Y_{00} & Y_{12} & Y_{21} \\ Y_{01} & Y_{10} & Y_{22} \\ Y_{02} & Y_{11} & Y_{20} \end{bmatrix} \quad \text{U}_{\angle}$$

$$\text{但し } [Y_{0l}] = [C]^{-1} [Y_{il}], [Y_{1l}] = [C]^{-1} [Y_{il}], [Y_{2l}] = [C]^{-1} [Y_{il}] \quad \text{U}_{\angle}$$

$$[Y_{i0}] = [Y_l] [1], [Y_{i1}] = [Y_l] [\gamma^{-(i-1)} \delta_{ij}] [1], [Y_{i2}] = [Y_l] [\gamma^{-(i-1)^2} \delta_{ij}] [1] \quad \text{U}_{\angle}$$

$$[Y_l] = \begin{bmatrix} Y_{aa} & Y_{ab} & Y_{ca} \\ Y_{bb} & Y_{bc} & Y_{ab} \\ Y_{cc} & Y_{ca} & Y_{bc} \end{bmatrix} \quad \text{U}_{\angle} \quad (1.2)$$

(1.1) 式はT型線路の仿程を表す基本式であるが單相T型線路の場合と全く同じ形になつて居ることに留意を要する。<sup>[1.1]</sup>此の式から判る様に3相線路は対称3相形であるとか直列 Impedance 或いは並列 Admittance のみと云う特別な場合を除くと一般には3相4端子回路網を形成しない。是3相線路が單相線路と異なる点である。<sup>[1.2]</sup>

Matrix

$$[M] = \begin{bmatrix} [U] + \frac{1}{2} [Z] [Y] & [Z] ([U] + \frac{1}{2} [Y] [Z]) \\ [Y] & [U] + \frac{1}{2} [Y] [Z] \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \text{数 値}_{\angle} & \Omega_{\angle} \\ \text{U}_{\angle} & \text{数 値}_{\angle} \end{bmatrix} \quad (1.3)$$

はT型線路の傍程を特性づけるものであるからT型線路の傍程 Matrix と呼ぶことにしよう。

実際の送電線路に於いては電線配置の関係上3電線の線路定数が一般には平衡しないので是を平衡させるために撚架が行はれる。撚架が施された線路の傍程 Matrix は各撚架区間に於ける線路の傍程 Matrix の積であるが各区間の傍程 Matrix は勿論対角 Matrix ではないから其の積 Matrix も亦対角 Matrix ではない。換言すれば全線路を通してみても線路は対称形ではない。即ち完全撚架を施された線路と雖も線路定数は完全には平衡しないのである。但し全線路の合成傍程 Matrix に於いて対角元素以外の元素は完全撚架を重ねる程段々零に近づくから線路定数が次第に平衡状態に近くなることは云う迄も無からう。

若し線路が対称3相形であるならば

$$[\mathcal{Z}] = [Z_{ij} \delta_{ij}] \quad \Omega_{\angle}$$

$$[\mathcal{Y}] = [Y_{ij} \delta_{ij}] \quad \mathcal{U}_{\angle}$$

即ち  $[\mathcal{Z}]$  も  $[\mathcal{Y}]$  も共に対角 Matrix であるから (1.1) 式は

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} V_{a0}^s \\ V_{a1}^s \\ V_{a2}^s \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 1 + \frac{1}{2} Z_{00} Y_{00} & 0 & 0 \\ 0 & 1 + \frac{1}{2} Z_{10} Y_{10} & 0 \\ 0 & 0 & 1 + \frac{1}{2} Z_{20} Y_{20} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{a0}^R \\ V_{a1}^R \\ V_{a2}^R \end{bmatrix} \\ &+ \begin{bmatrix} Z_{00}(1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) & 0 & 0 \\ 0 & Z_{10}(1 + \frac{1}{2} Y_{10} Z_{10}) & 0 \\ 0 & 0 & Z_{20}(1 + \frac{1}{2} Y_{20} Z_{20}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} (1 + \frac{1}{2} Z_{00} Y_{00}) V_{a0}^R + Z_{00}(1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) I_{a0}^R \\ (1 + \frac{1}{2} Z_{10} Y_{10}) V_{a1}^R + Z_{10}(1 + \frac{1}{2} Y_{10} Z_{10}) I_{a1}^R \\ (1 + \frac{1}{2} Z_{20} Y_{20}) V_{a2}^R + Z_{20}(1 + \frac{1}{2} Y_{20} Z_{20}) I_{a2}^R \end{bmatrix} \quad V_{\angle} \\ \begin{bmatrix} I_{a0}^s \\ I_{a1}^s \\ I_{a2}^s \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} Y_{00} & 0 & 0 \\ 0 & Y_{10} & 0 \\ 0 & 0 & Y_{20} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{a0}^R \\ V_{a1}^R \\ V_{a2}^R \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 + \frac{1}{2} Z_{00} Y_{00} & 0 & 0 \\ 0 & 1 + \frac{1}{2} Z_{10} Y_{10} & 0 \\ 0 & 0 & 1 + \frac{1}{2} Z_{20} Y_{20} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} Y_{00} V_{a0}^R + (1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) I_{a0}^R \\ Y_{10} V_{a1}^R + (1 + \frac{1}{2} Y_{10} Z_{10}) I_{a1}^R \\ Y_{20} V_{a2}^R + (1 + \frac{1}{2} Y_{20} Z_{20}) I_{a2}^R \end{bmatrix} \quad \Lambda_{\angle} \quad (1.4) \end{aligned}$$

となる。此の場合には線路が3相4端子回路網を形成するのみならず零相、第1正相及び第2正相の3対称分線路も夫々単相4端子回路網を形成する。

(b)  $\pi$ 型線路

第1.2図に示したのは $\pi$ 型線路であるが線路上の電位及び電流分布を図の様に表しa相を基準にとれば

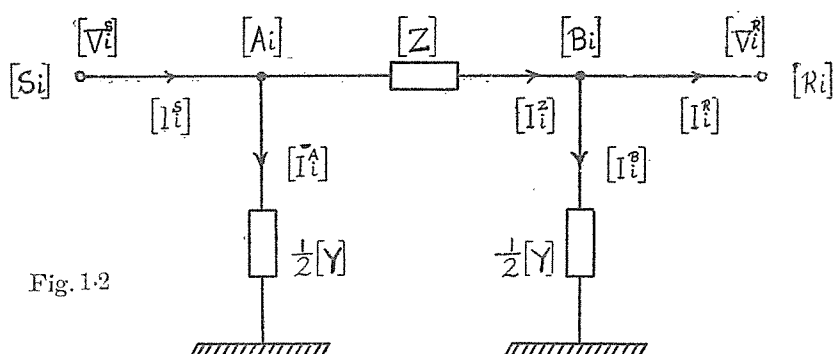


Fig. 1.2

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} [V_a^s] \\ [I_a^s] \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} [U] & [0] \\ \frac{1}{2}[\mathcal{Y}] & [U] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [U] & [Z] \\ [0] & [U] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [U] & [0] \\ \frac{1}{2}[\mathcal{Y}] & [U] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_a^r] \\ [I_a^r] \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} [U] + \frac{1}{2}[\mathcal{Z}][\mathcal{Y}] & [\mathcal{Z}] \\ [\mathcal{Y}][U] + \frac{1}{2}[\mathcal{Z}][\mathcal{Y}] & [U] + \frac{1}{2}[\mathcal{Y}][\mathcal{Z}] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_a^r] \\ [I_a^r] \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} ([U] + \frac{1}{2}[\mathcal{Z}][\mathcal{Y}])[V_a^r] + [\mathcal{Z}][I_a^r] \\ [\mathcal{Y}][U] + \frac{1}{2}[\mathcal{Z}][\mathcal{Y}][V_a^r] + ([U] + \frac{1}{2}[\mathcal{Y}][\mathcal{Z}])[I_a^r] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{\angle} \\ A_{\angle} \end{bmatrix} \quad (1.5)
 \end{aligned}$$

上式は $\pi$ 型線路の伝程を表す基本式であるが単相 $\pi$ 型線路の式と全く同じ形になって居る。此の式から判る様に3相 $\pi$ 型線路も単相 $\pi$ 型線路と異り一般には3相4端子回路網を形成しない。

$\pi$ 型線路の伝程 Matrix は

$$[M] = \begin{bmatrix} [U] + \frac{1}{2}[\mathcal{Z}][\mathcal{Y}] & [\mathcal{Z}] \\ [\mathcal{Y}][U] + \frac{1}{2}[\mathcal{Z}][\mathcal{Y}] & [U] + \frac{1}{2}[\mathcal{Y}][\mathcal{Z}] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{数値}_{\angle} \Omega_{\angle} \\ \Gamma_{\angle} \text{数値}_{\angle} \end{bmatrix} \quad (1.6)$$

である。

線路を $\pi$ 型回路として取り扱う場合にも矢張り完全燃架によつて線路定数が完全には平衡しない。

若し線路が対称3相形であるならば(1.5)式は

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} V_{a0}^s \\ V_{a1}^s \\ V_{a2}^s \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 1 + \frac{1}{2}Z_{00}Y_{00} & 0 & 0 \\ 0 & 1 + \frac{1}{2}Z_{10}Y_{10} & 0 \\ 0 & 0 & 1 + \frac{1}{2}Z_{20}Y_{20} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{a0}^r \\ V_{a1}^r \\ V_{a2}^r \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{00} & 0 & 0 \\ 0 & Z_{10} & 0 \\ 0 & 0 & Z_{20} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a0}^r \\ I_{a1}^r \\ I_{a2}^r \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} (1 + \frac{1}{2}Z_{00}Y_{00})V_{a0}^r + Z_{00}I_{a0}^r \\ (1 + \frac{1}{2}Z_{10}Y_{10})V_{a1}^r + Z_{10}I_{a1}^r \\ (1 + \frac{1}{2}Z_{20}Y_{20})V_{a2}^r + Z_{20}I_{a2}^r \end{bmatrix} V_{\angle} \\
 \begin{bmatrix} I_{a0}^r \\ I_{a1}^r \\ I_{a2}^r \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} Y_{00}(1 + \frac{1}{2}Z_{00}Y_{00}) & 0 & 0 \\ 0 & Y_{10}(1 + \frac{1}{2}Z_{10}Y_{10}) & 0 \\ 0 & 0 & Y_{20}(1 + \frac{1}{2}Z_{20}Y_{20}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{a0}^r \\ V_{a1}^r \\ V_{a2}^r \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \begin{bmatrix} 1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00} & 0 & 0 \\ 0 & 1 + \frac{1}{2} Y_{10} Z_{10} & 0 \\ 0 & 0 & 1 + \frac{1}{2} Y_{20} Z_{20} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} \\
& = \begin{bmatrix} Y_{00}(1 + \frac{1}{2} Z_{00} Y_{00}) V_{a0}^R + (1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) I_{a0}^R \\ Y_{10}(1 + \frac{1}{2} Z_{10} Y_{10}) V_{a1}^R + (1 + \frac{1}{2} Y_{10} Z_{10}) I_{a1}^R \\ Y_{20}(1 + \frac{1}{2} Z_{20} Y_{20}) V_{a2}^R + (1 + \frac{1}{2} Y_{20} Z_{20}) I_{a2}^R \end{bmatrix} \quad \Lambda_{\angle} \quad (1.7)
\end{aligned}$$

となる、此の場合には線路が3相4端子回路網を形成するのみならず零相、第1正相及び第2正相の3対称分線路も夫々単相4端子回路網を形成する。

[1.1] 多相系に於いても [Z] 及び [Y] を用うれば Kirchhoff の法則、重畳の定理従つて鳳一 Thevenin の定理も単相系の場合と全く同じ形で成立する。是等の事に就いては機会をみて発表することにした。

故に3相T型或はπ型線路の仿程が単相線路の場合と全く同じ形をとるのも当然のことに過ぎないのである。

1.2 3相線路の是等の性質に就いては稿を別にして詳述する予定である。

## 第2節 送電線の1線地絡故障現象

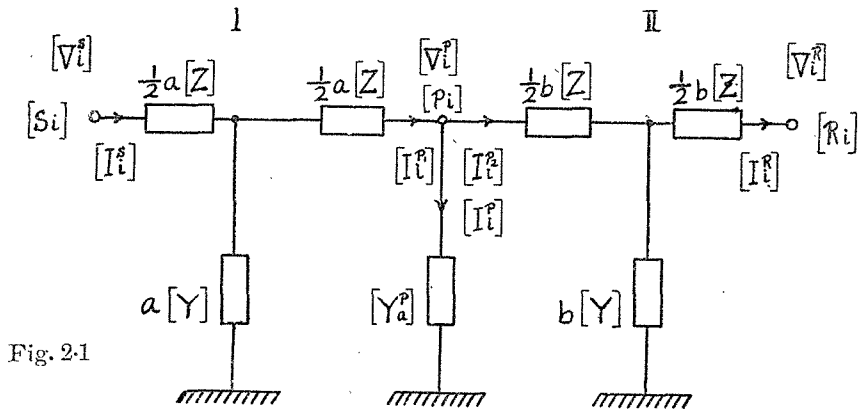


Fig. 2-1

3相線路に於いて送電端 [S] から  $a$ (km) の距離に在る点 [P] で  $a$  線が Admittance  $Y^p(\Omega_{\angle})$  を通して接地された場合に於ける電位及び電流を調べよう。

第2-1図は線路をT型線路として取扱つて系統を示したものである。即ち送電端 [S] から故障点 [P] 迄互長  $a$  (km) の区間を区間 I と名付けて T 型線路として表し故障点から受電端 [R] 迄互長  $b$  (km) の区間を区間 II と名付けて T 型線路として表した。[Z] 及び [Y] を夫々 1 (km) 当りの直列 Impedance ( $\Omega_{\angle}$ ) 及び 並列 Admittance ( $\Omega_{\angle}$ ) とし線路上に於ける電位と電流との分布状況を図の如くであるとすれば区間 I に就いては

$$\begin{bmatrix} V_{ad}^s \\ I_{ad}^s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A^I & B^I \\ C^I & D^I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{ad}^p \\ I_{ad}^p \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} V_{\angle} \\ A_{\angle} \end{bmatrix}$$

$$\text{但し } \begin{bmatrix} [A^1] & [B^1] \\ [C^1] & [D^1] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [U] + \frac{1}{2}a^2[Z][\bar{V}] & a[Z]([U] + \frac{1}{2}a^2[\bar{V}][Z]) \\ a[\bar{V}] & [U] + \frac{1}{2}a^2[\bar{V}][Z] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{数值}_\angle & \Omega_\angle \\ \bar{U}_\angle & \text{数值}_\angle \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

[P] 点に於ける地絡枝の Admittance を  $[Y_a^p](\bar{U}_\angle)$  とすれば [P] 点に就いては

$$\begin{bmatrix} [V_{ad}^p] \\ [I_{ad}^p] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [U] & 0 \\ [\bar{V}_a^p] & [U] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{ad}^p] \\ [I_{ad}^p] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_\angle \\ A_\angle \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

而して区間IIに就いては

$$\begin{bmatrix} [V_{ad}^p] \\ [I_{ad}^p] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [A^2] & [B^2] \\ [C^2] & [D^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{ad}^r] \\ [I_{ad}^r] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_\angle \\ A_\angle \end{bmatrix}$$

$$\text{但し } \begin{bmatrix} [A^2] & [B^2] \\ [C^2] & [D^2] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [U] + \frac{1}{2}b^2[Z][\bar{V}] & b[Z]([U] + \frac{1}{2}b^2[\bar{V}][Z]) \\ b[\bar{V}] & [U] + \frac{1}{2}b^2[\bar{V}][Z] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{数值}_\angle & \Omega_\angle \\ \bar{U}_\angle & \text{数值}_\angle \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

従つて故障点[P]に於いて系統が 接地 Admittance  $[Y_a^p]$  を通して 地絡された 場合の 仿程は

$$\begin{bmatrix} [V_{ad}^p] \\ [I_{ad}^p] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [A^1] & [B^1] \\ [C^1] & [D^1] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [U] & 0 \\ [\bar{V}_a^p] & [U] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [A^2] & [B^2] \\ [C^2] & [D^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{ad}^r] \\ [I_{ad}^r] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_\angle \\ A_\angle \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

なる式で表はされることになる。

本節の場合の様に P<sub>a</sub> 点に於いて a 線が接地 Admittance  $Y^p(\bar{U}_\angle)$  を通して地絡されて居る場合には対称分地絡枝 Admittance  $[\bar{Y}_a^p]$  は

$$[\bar{Y}_a^p] = [C]^{-1}[Y_a^p][C] = [C]^{-1} \begin{bmatrix} Y^p & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} [C]$$

$$= \frac{1}{3} Y^p \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \bar{U}_\angle \quad (2.5)$$

となる。(2.1) 此の場合  $[\bar{Y}_a^p]$  の元素は皆  $\frac{1}{3}Y^p(\bar{U}_\angle)$  である。

若し b 線が 接地 Admittance  $Y^p$  を通して地絡されて居るならば 対称分地絡枝の 対称分 Admittance  $[Y_b^p]$  は

$$[Y_b^p] = [C]^{-1}[Y_b^p][C] = [C]^{-1} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & Y^p & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} [C]$$

$$= \frac{1}{3} Y^P \begin{bmatrix} 1 & \gamma^2 & \gamma \\ \gamma & 1 & \gamma^2 \\ \gamma^2 & \gamma & 1 \end{bmatrix} \quad \bar{U} \angle \quad (2.6)$$

又若し  $\alpha$  線が 接地 Admittance  $Y^P$  を通して地絡されて居るならば対称分地絡枝 Admittance  $[\mathbb{Y}_d^P]$  は

$$[\mathbb{Y}_d^P] = [C]^{-1} [Y^P] [C] = [C]^{-1} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Y^P \end{bmatrix} [C] \\ = \frac{1}{3} Y^P \begin{bmatrix} 1 & \gamma^{2 \cdot 2} & \gamma^2 \\ \gamma^2 & 1 & \gamma^{2 \cdot 2} \\ \gamma^{2 \cdot 2} & \gamma^2 & 1 \end{bmatrix} \quad \bar{U} \angle \quad (2.7)$$

となる。(2.5), (2.6) 及び (2.7) 式から判る様に 1 線地絡故障の場合には対称分地絡枝の対称分 Admittance  $[\mathbb{Y}^P]$  の対角元素は皆  $\frac{1}{3} Y^P (\bar{U} \angle)$  である。而して  $[\mathbb{Y}_d^P]$ ,  $[\mathbb{Y}_0^P]$  及び  $[\mathbb{Y}_2^P]$  の間には

$$[\mathbb{Y}_0^P] = [\gamma^{-(i-1)2} \delta_{ij}] [\mathbb{Y}_d^P] [\gamma^{(i-1)2} \delta_{ij}] \quad \bar{U} \angle \\ [\mathbb{Y}_2^P] = [\gamma^{-(i-1)} \delta_{ij}] [\mathbb{Y}_d^P] [\gamma^{i-1} \delta_{ij}] \quad \bar{U} \angle \quad (2.8)$$

なる関係がある。

(2.5), (2.6) 及び (2.7) 式から判る様に対称分地絡枝 Admittance  $[\mathbb{Y}^P]$  は地絡された相によつて特有な形をとるから何れの相に地絡事故が在るかは  $[\mathbb{Y}^P]$  の形に依つて直ちに判別することが出来る。又 1 線地絡故障の場合には地絡 Admittance  $[Y^P]$  は地絡枝 Admittance  $[Y]$  の対角元素の 1 箇だけに現れ然も地絡相に依つて特有の位置がある。依つて  $[Y^P]$  中の対角元素の何れに  $Y^P$  が在るかによつて地絡相が何であるかを知ることが出来る訳である。次に若し受電端  $[R]$  に於いて  $\alpha$  線が地絡されて居るならば系統の傍程は

$$\begin{bmatrix} [V_{ad}^R] \\ [I_{ad}^R] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [A^1] [B^1] \\ [C^1] [D^1] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [A^2] [B^2] \\ [C^2] [D^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [U] [0] \\ [\mathbb{Y}_d^P] [U] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{ad}^R] \\ [I_{ad}^R] \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} V \angle \\ \Lambda \angle \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

なる式で表はされることになるし又送電端  $[S]$  に於いて  $\alpha$  線が地絡されて居るのであれば系統の傍程を表す式は

$$\begin{bmatrix} [V_{ad}^S] \\ [I_{ad}^S] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [U] [0] \\ [\mathbb{Y}_d^P] [U] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [A^1] [B^1] \\ [C^1] [D^1] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [A^2] [B^2] \\ [C^2] [D^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{ad}^R] \\ [I_{ad}^R] \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} V \angle \\ \Lambda \angle \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

となる。

(2.4), (2.9) 及び (2.10) 式に於ける 2 重 Matrix

$$[P] = \begin{bmatrix} [U] [0] \\ [\mathbb{Y}_d^P] [U] \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \text{数値} \angle & \text{数値} \angle \\ \bar{U} \angle & \text{数値} \angle \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

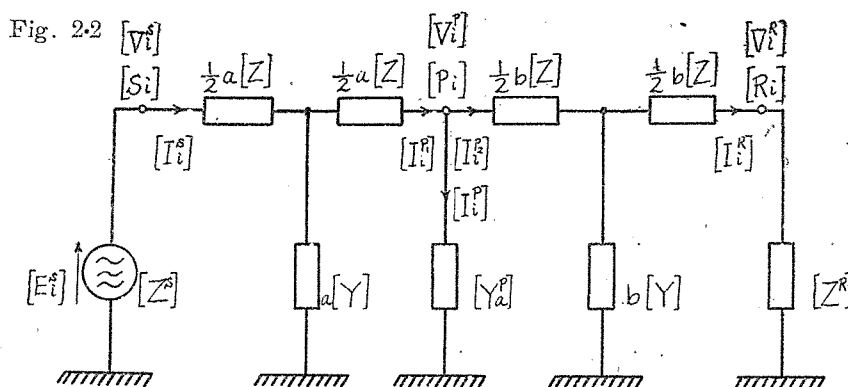
は線路に地絡故障が有ることを示す Matrix であるから接地故障 Matrix と呼ぶことに

しよう。(2.4), (2.9) 及び (2.10) 式から判る様に接地故障 Matrix の傍程 Matrix 中に於ける位置は地絡故障点に従つて特有なものである。従つて傍程 Matrix 中の何の位置に接地故障 Matrix が在るかを観れば系統の何の点に地絡故障が在るかを知らることが出来るのである。

扱て (2.4) 式を解くに

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} [V_{a1}^s] \\ [I_{a1}^s] \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} [A^1] & [B^1] \\ [C^1] & [D^1] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [0] & [0] \\ [\mathbb{V}_{a1}^1] & [0] \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} [U] & [0] \\ [0] & [U] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [A^2] & [B^2] \\ [C^2] & [D^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{a1}^R] \\ [I_{a1}^R] \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} [A^1] & [B^1] \\ [C^1] & [D^1] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [0] & [0] \\ [\mathbb{V}_{a1}^1] & [0] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [A^2] & [B^2] \\ [C^2] & [D^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{a1}^R] \\ [I_{a1}^R] \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} [A^1] & [B^1] \\ [C^1] & [D^1] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [A^2] & [B^2] \\ [C^2] & [D^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{a1}^R] \\ [I_{a1}^R] \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} [B^1][\mathbb{V}_{a1}^1][A^2] & [B^1][\mathbb{V}_{a1}^1][B^2] \\ [D^1][\mathbb{V}_{a1}^1][A^2] & [D^1][\mathbb{V}_{a1}^1][B^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{a1}^R] \\ [I_{a1}^R] \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} [A^1][A^2]+[B^1][C^2] & [A^1][B^2]+ \\ [C^1][A^2]+[D^1][C^2] & [C^1][B^2]+ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{a1}^R] \\ [I_{a1}^R] \end{bmatrix} \\
 &\quad \begin{bmatrix} [B^1][D^2] \\ [D^1][D^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{a1}^R] \\ [I_{a1}^R] \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} V_{\angle} \\ A_{\angle} \end{bmatrix} \quad (2.12)
 \end{aligned}$$

上式最右辺の第2項は系統が健全なときの傍程を表して居る。若し電源及び負荷が第 2.2



図の様に与えられて居るならば送電端と電流との間の電位には

$$\begin{bmatrix} [V_{a1}^s] \\ [I_{a1}^s] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [E_{a1}^s] - [Z^s][I_{a1}^s] \\ [I_{a1}^s] \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} V_{\angle} \\ A_{\angle} \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

なる関係があるから (2.12) 式は

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} [E_{a1}^s] - [Z^s][I_{a1}^s] \\ [I_{a1}^s] \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} ([B^1][\mathbb{V}_{a1}^1][A^2][Z^R] + [B^1][\mathbb{V}_{a1}^1][B^2])[I_{a1}^R] \\ ([D^1][\mathbb{V}_{a1}^1][A^2][Z^R] + [D^1][\mathbb{V}_{a1}^1][B^2])[I_{a1}^R] \end{bmatrix} \\
 &\quad + \begin{bmatrix} \{([A^1][A^2] + [B^1][C^2])[Z^R] + ([A^1][B^2] + [B^1][D^2])\}[I_{a1}^R] \\ \{([C^1][A^2] + [D^1][C^2])[Z^R] + ([C^1][B^2] + [D^1][D^2])\}[I_{a1}^R] \end{bmatrix} \\
 &\quad \begin{bmatrix} V_{\angle} \\ A_{\angle} \end{bmatrix} \quad (2.14)
 \end{aligned}$$



上式から

$$\begin{aligned}
 [E_{a1}^S] &= [\mathcal{Z}^S] \{ ([D^1][\mathcal{V}_{a1}^1][A^2][\mathcal{Z}^R] + [D^1][\mathcal{V}_{a1}^1][B^2]) + \{ ([C^1][A^2] + [D^1][C^2])[\mathcal{Z}^R] \\
 &\quad + ([C^1][B^2] + [D^1][D^2]) \} \} [I_{a1}^R] \\
 &\quad + \{ ([B^1][\mathcal{V}_{a1}^1][A^2][\mathcal{Z}^R] + [B^1][\mathcal{V}_{a1}^1][B^2]) + \{ ([A^1][A^2] + [B^1][C^2])[\mathcal{Z}^R] \\
 &\quad + ([A^1][B^2] + [B^1][D^2]) \} \} [I_{a1}^R] \\
 &= \{ ([\mathcal{Z}^S][D^1] + [B^1])[\mathcal{V}_{a1}^1]([A^2][\mathcal{Z}^R] + [B^2]) \\
 &\quad + \{ ([\mathcal{Z}^S][C^1] + [A^1])([A^2][\mathcal{Z}^R] + [B^2]) \\
 &\quad + ([\mathcal{Z}^S][D^1] + [B^1])([C^2][\mathcal{Z}^R] + [D^2]) \} \} [I_{a1}^R] \quad V_{\angle} \quad (2 \cdot 15)
 \end{aligned}$$

依つて受電端に於ける $a$ 線電流  $[I_{a1}^R]$  は

$$\begin{aligned}
 [I_{a1}^R] &= \{ ([\mathcal{Z}^S][D^1] + [B^1])[\mathcal{V}_{a1}^1]([A^2][\mathcal{Z}^R] + [B^2]) \\
 &\quad + \{ ([\mathcal{Z}^S][C^1] + [A^1])([A^2][\mathcal{Z}^R] + [B^2]) \\
 &\quad + ([\mathcal{Z}^S][D^1] + [B^1])([C^2][\mathcal{Z}^R] + [D^2]) \} \}^{-1} [E_{a1}^S] \quad A_{\angle} \quad (2 \cdot 16)
 \end{aligned}$$

となる。上式により線路上の電位及び電流の分布は次の様にして求めることが出来る。

受電端々子 $R_a$ の電位  $[V_{a1}^R]$  は云う迄も無く

$$[V_{a1}^R] = [\mathcal{Z}^R][I_{a1}^R] \quad V_{\angle} \quad (2 \cdot 17)$$

地絡故障点の $P_a$  点に於いては

$$\begin{bmatrix} [V_{a1}^R] \\ [I_{a1}^R] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [A^2][B^2] \\ [C^2][D^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{a1}^R] \\ [I_{a1}^R] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ([A^2][\mathcal{Z}^R] + [B^2])[I_{a1}^R] \\ ([C^2][\mathcal{Z}^R] + [D^2])[I_{a1}^R] \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} V_{\angle} \\ A_{\angle} \end{bmatrix} \quad (2 \cdot 18)$$

地絡枝に於ける $a$ 相線電流即ち $P_a$ 点から地絡枝を通つて大地に流入する地絡電流  $[I_{a1}^P]$  は

$$[I_{a1}^P] = [\mathcal{V}_{a1}^1][V_{a1}^R] = [\mathcal{V}_{a1}^1]([A^2][\mathcal{Z}^R] + [B^2])[I_{a1}^R] \quad A_{\angle} \quad (2 \cdot 19)$$

即ち地絡電流の3対称分は

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^P \\ I_{a1}^P \\ I_{a2}^P \end{bmatrix} = \frac{1}{3} Y^P \begin{bmatrix} V_{a0}^R + V_{a1}^R + V_{a2}^R \\ // \\ // \end{bmatrix} \quad A_{\angle}$$

となつて相等しい。従つて地絡故障が無い $b$ 線及び $c$ 線の地絡電流  $I_b^P$  及び  $I_c^P$  は共に零となる。是は当然である。

依つて電源側から  $[P]$  点に流入して来る線電流  $[I_{a1}^P]$  は

$$[I_{a1}^P] = [I_{a1}^P] + [I_{a1}^P] = \{ [\mathcal{V}_{a1}^1]([A^2][\mathcal{Z}^R] + [B^2]) + ([C^2][\mathcal{Z}^R] + [D^2]) \} [I_{a1}^R] \quad A_{\angle} \quad (2 \cdot 20)$$

送電端に於いては

$$\begin{bmatrix} [V_{a1}^S] \\ [I_{a1}^S] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [A^1] & [B^1] \\ [C^1] & [D^1] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{a1}^P] \\ [I_{a1}^P] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \{ ([A^1] + [B^1][\mathcal{V}_{a1}^1])([A^2][\mathcal{Z}^R] + [B^2]) \\ + [B^1]([C^2][\mathcal{Z}^R] + [D^2])[I_{a1}^R] \} \\ \{ ([C^1] + [D^1][\mathcal{V}_{a1}^1])([A^2][\mathcal{Z}^R] + [B^2]) \\ + [D^1][C^2][\mathcal{Z}^R] + [D^2])[I_{a1}^R] \} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} V_{\angle} \\ A_{\angle} \end{bmatrix} \quad (2 \cdot 21)$$

となる。<sup>[2・2]</sup>

若し[P]点に於いてa線の代りにb線に地絡故障があるのならば(2・16)及至(2・21)式に於いて $[\mathbb{V}_a^p]$ の代りに $[\mathbb{V}_b^p]$ を, 又c線に地絡故障があるのならば $[\mathbb{V}_a^p]$ の代りに $[\mathbb{V}_c^p]$ を用うればよい。

次に受電端に於いて地絡故障が起きて居るのであれば区間Ⅰの互長は $a+b(\text{km})$ となり区間Ⅱの互長は零となるから

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} [A^1] & [B^1] \\ [C^1] & [D^1] \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} [U] + \frac{1}{2}(a+b)^2 [\mathbb{Z}] [\mathbb{V}] & (a+b) [\mathbb{Z}] [U] + \frac{1}{2}(a+b)^2 [\mathbb{V}] [\mathbb{Z}] \\ (a+b) [\mathbb{V}] & [U] + \frac{1}{2}(a+b)^2 [\mathbb{V}] [\mathbb{Z}] \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} [A^2] & [B^2] \\ [C^2] & [D^2] \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} [U] & [0] \\ [0] & [U] \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \text{数値}_\angle & \Omega_\angle \\ \bar{U}_\angle & \text{数値}_\angle \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (2.22)$$

従つて(2・4)式は

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} [V_{ad}^s] \\ [I_{ad}^s] \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} [A^1] [B^1] \\ [C^1] [D^1] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [U] & [0] \\ [\mathbb{V}_a^p] & [U] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{ad}^R] \\ [I_{ad}^R] \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} [A^1] + [B^1] [\mathbb{V}_a^p] & [B^1] \\ [C^1] + [D^1] [\mathbb{V}_a^p] & [C^1] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{ad}^R] \\ [I_{ad}^R] \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} V_\angle \\ A_\angle \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (2.23)$$

となる。<sup>[2・3]</sup> 電源と負荷とが与えられて居る場合には

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} [E_{ad}^s] - [\mathbb{Z}^s] [I_{ad}^s] \\ [I_{ad}^s] \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \{([A^1] + [B^1] [\mathbb{V}_a^p]) [\mathbb{Z}^R] + [B^1] [I_{ad}^R]\} \\ \{([C^1] + [D^1] [\mathbb{V}_a^p]) [\mathbb{Z}^R] + [D^1] [I_{ad}^R]\} \end{bmatrix} \\ &\quad \begin{bmatrix} V_\angle \\ A_\angle \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (2.24)$$

依つて

$$\begin{aligned} [I_{ad}^R] &= [\mathbb{Z}^s] \{([C^1] + [D^1] [\mathbb{V}_a^p]) [\mathbb{Z}^R] + [D^1] [I_{ad}^R]\} + \{([A^1] + [B^1] [\mathbb{V}_a^p]) [\mathbb{Z}^R] + [B^1] [I_{ad}^R]\} \\ &= \{([\mathbb{Z}^s] [D^1] + [B^1] [\mathbb{V}_a^p]) [\mathbb{Z}^R] + \{([\mathbb{Z}^s] [D^1] + [B^1]) + ([\mathbb{Z}^s] [C^1] + [A^1]) [\mathbb{Z}^R]\} [I_{ad}^R]\} \\ &\quad V_\angle \end{aligned}$$

故に受電端電流は

$$[I_{ad}^R] = \{([\mathbb{Z}^s] [D^1] + [B^1]) [\mathbb{V}_a^p] + \{([\mathbb{Z}^s] [D^1] + [B^1]) + ([\mathbb{Z}^s] [C^1] + [A^1]) [\mathbb{Z}^R]\}^{-1} [E_{ad}^s]\} A_\angle \quad (2.25)$$

となる。<sup>[2・4]</sup>

又若し送電端に於いて地絡故障が起きて居るのであれば区間Ⅰの互長は零となり区間Ⅱの互長は $a+b(\text{km})$ となるから

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} [A^1] & [B^1] \\ [C^1] & [D^1] \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} [U] & [0] \\ [0] & [U] \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} [A^2] & [B^2] \\ [C^2] & [D^2] \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} [U] + \frac{1}{2}(a+b)^2 [\mathbb{Z}] [\mathbb{V}] & (a+b) [\mathbb{Z}] [U] + \frac{1}{2}(a+b)^2 [\mathbb{V}] [\mathbb{Z}] \\ (a+b) [\mathbb{V}] & [U] + \frac{1}{2}(a+b)^2 [\mathbb{V}] [\mathbb{Z}] \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} \text{数値} \angle & \Omega \angle \\ \bar{U} \angle & \text{数値} \angle \end{bmatrix} \quad (2.26)$$

従つて (2.4) 式は

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} [V_{a1}^S] \\ [I_{a1}^S] \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} [U] & [0] \\ [\bar{V}_a^P] & [U] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [A^2] & [B^2] \\ [C^2] & [D^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{a1}^R] \\ [I_{a1}^R] \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} [A^2] & [B^2] \\ [\bar{V}_a^P][A^2] + [C^2] & [\bar{V}_a^P][B^2] + [D^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{a1}^R] \\ [I_{a1}^R] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V \angle \\ \Lambda \angle \end{bmatrix} \quad (2.27) \end{aligned}$$

となる。電源と負荷とが与へられて居る場合には

$$\begin{bmatrix} [E_{a1}^S] - [\bar{Z}^S][I_{a1}^S] \\ [I_{a1}^S] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ([A^2][\bar{Z}^R] + [B^2])[I_{a1}^R] \\ ([\bar{V}_a^P][A^2] + [C^2])[\bar{Z}^R] + ([\bar{V}_a^P][B^2] + [D^2])[I_{a1}^R] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V \angle \\ \Lambda \angle \end{bmatrix} \quad (2.28)$$

依つて

$$\begin{aligned} [I_{a1}^S] &= [\bar{Z}^S] \{ ([\bar{V}_a^P][A^2] + [C^2])[\bar{Z}^R] + ([\bar{V}_a^P][B^2] + [D^2])[I_{a1}^R] + ([A^2][\bar{Z}^R] + [B^2])[I_{a1}^R] \} \\ &= [\bar{Z}^S][\bar{V}_a^P] \{ ([A^2][\bar{Z}^R] + [B^2]) + \{ ([A^2][\bar{Z}^R] + [B^2]) + [\bar{Z}^S]([C^2][\bar{Z}^R] + [D^2]) \}^{-1} [E_{a1}^S] \} \\ &\quad \Lambda \angle \quad (2.29) \end{aligned}$$

となる。

若し電源、線路及び負荷が皆対称3相形であるならば

$$\begin{aligned} [E_{a1}^S] &= [0 \ E_{a1}^S \ 0]_t & V \angle \\ [\bar{Z}^S] &= [Z_{i0}^S \ \delta_{ij}] & \Omega \angle \\ [\bar{Z}] &= [Z_{i0} \ \delta_{ij}] & \Omega \angle \\ [\bar{V}] &= [Y_{i0} \ \delta_{ij}] & \bar{U} \angle \\ [\bar{Z}] &= [Z_{i0}^R \ \delta_{ij}] & \Omega \angle \end{aligned}$$

と置けばよい。此の場合には 併程 Matrix 中の元素 [A], [B], [C] 及び [D] は皆対角 Matrix となる。

完全地絡故障の場合には地絡枝 Admittance  $Y^P$  が無限大であるから本節に於いて述べた諸式に於いて  $Y^P$  を無限大とすれば完全地絡故障の場合の式が得られる。

本節に於いて述べた所は  $Y^P = 0$  と置けば系統が健全なる場合となるが特に 附記する迄も無からう。

〔2.1〕故障点 [P] に於いて a 線が接地 Admittance  $Y^P$  を通して地絡されて居る場合には地絡枝相間には相互 Admittance が無いから故障点から地絡枝を眺めた対称分 Admittance は

$$\begin{bmatrix} Y_{a0}^P \\ Y_{b0}^P \\ Y_{c0}^P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{a1}^P \\ Y_{b1}^P \\ Y_{c1}^P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{a2}^P \\ Y_{b2}^P \\ Y_{c2}^P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y^P \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \bar{U} \angle$$

依つて対称分 Admittance の対称分は

$$\begin{bmatrix} Y_{00}^P \\ Y_{01}^P \\ Y_{02}^P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{10}^P \\ Y_{11}^P \\ Y_{12}^P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{20}^P \\ Y_{21}^P \\ Y_{22}^P \end{bmatrix} = \frac{1}{3} Y^P \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \Omega_L$$

故に対称分地絡技 Admittance  $[Y_a^P]$  は

$$[Y_a^P] = \begin{bmatrix} Y_{00}^P & Y_{12}^P & Y_{21}^P \\ Y_{01}^P & Y_{10}^P & Y_{22}^P \\ Y_{02}^P & Y_{11}^P & Y_{20}^P \end{bmatrix} = \frac{1}{3} Y^P \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \Omega_L$$

[2.2] 地絡電流  $[I_a^P]$  は鳳—Thevenin の法則を適用しても得ることが出来る。即ち系統が健全なとき  $[P]$  に現れる電位  $[V_a^P]$  ( $V_L$ ) を求め是を  $[P]$  点から系統を眺めた Impedance—換言すれば  $[P]$  点から区間 I を眺めた Impedance  $[Z^P]$  ( $\Omega_L$ ) と区間 II を眺めた Impedance  $[Z^P]$  ( $\Omega_L$ ) とを合成したもの—と地絡技 Impedance  $[Z_a^P]$  ( $\Omega_L$ ) との和で除せば得られる。然らば

$$[I_a^P] = ([Z^P]^{-1} + [Z_a^P]^{-1})^{-1} [V_a^P] \quad A_L \quad (1)$$

$[V_a^P]$  は次の様にして求める。系統が健全なときの電端及び送受電端に於ける線電流を夫々  $[I_{ad}^S]$  及び  $[I_{ad}^R]$  ( $A_L$ ) とすれば

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} [E_{ad}^S] - [Z^S][I_{ad}^S] \\ [I_{ad}^S] \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} [A^1] & [B^1] \\ [C^1] & [D^1] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [A^2] & [B^2] \\ [C^2] & [D^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [Z^R][I_{ad}^R] \\ [I_{ad}^R] \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} ([A^1][A^2] + [B^1][C^2])[Z^R] + ([A^1][B^2] + [B^1][D^2]) \\ ([C^1][A^2] + [D^1][C^2])[Z^R] + ([C^1][B^2] + [D^1][D^2]) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [I_{ad}^R] \\ [I_{ad}^R] \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} V_L \\ A_L \end{bmatrix} \quad (2) \end{aligned}$$

$$\therefore [E_{ad}^S] = ([Z^S][C^1] + [A^1])([A^2][Z^R] + [B^2]) + ([Z^S][D^1] + [B^1])([C^2][Z^R] + [D^2])[I_{ad}^R] \quad V_L$$

依つて

$$[I_{ad}^R] = ([Z^S][C^1] + [A^1])([A^2][Z^R] + [B^2])([Z^S][D^1] + [B^1])([C^2][Z^R] + [D^2])^{-1} [E_{ad}^S] \quad A_L \quad (3)$$

而して

$$[V_{ad}^R] = [Z^R][I_{ad}^R] \quad V_L \quad (4)$$

$[P]$  点に於いては此の点から受電端に向つて流れる電流を  $[I_{ad}^P]$  ( $A_L$ ) とすれば

$$\begin{bmatrix} [V_{ad}^P] \\ [I_{ad}^P] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [A^2] & [B^2] \\ [C^2] & [D^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [Z^R][I_{ad}^R] \\ [I_{ad}^R] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ([A^2][Z^R] + [B^2])[I_{ad}^R] \\ ([C^2][Z^R] + [D^2])[I_{ad}^R] \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} V_L \\ A_L \end{bmatrix} \quad (5)$$

上式から

$$[V_{ad}^P] = ([A^2][Z^R] + [B^2])[I_{ad}^R] \quad V_L \quad (6)$$

又(5)式から

$$[I_{ad}^R] = ([C^2][Z^R] + [D^2])^{-1} [I_{ad}^{P2}] \quad A_L$$

$$\therefore [V_{ad}^P] = ([A^2][Z^R] + [B^2])([C^2][Z^R] + [D^2])^{-1} [I_{ad}^{P2}] \quad V_L$$

従つて [P] 点から区間 II を眺めた Impedance  $[\mathcal{Z}^P]$  は

$$[\mathcal{Z}^P] = ([A^2][\mathcal{Z}^R] + [B^2])([C^2][\mathcal{Z}^R] + [D^2])^{-1} \quad \Omega_L \quad (7)$$

次に [P] 点から区間 II を眺めた Impedance  $[\mathcal{Z}^P]$  を求めよう。電源から [P] 点に流入し来る電流を  $-[I_{al}^{P1}](A_L)$  とすれば

$$\begin{bmatrix} [E_{al}^S] + [\mathcal{Z}_S][I_{al}^{P1}] \\ -[I_{al}^S] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [A^1] & [B^1] \\ [C^1] & [D^1] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{al}^{P1}] \\ -[I_{al}^{P1}] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [A^1][V_{al}^{P1}] - [B^1][I_{al}^{P1}] \\ [C^1][V_{al}^{P1}] - [D^1][I_{al}^{P1}] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_L \\ A_L \end{bmatrix} \quad (8)$$

$[\mathcal{Z}^P]$  を測定するには電源を無励磁とするから  $[E_{al}^S] = [0]$  である。従つて

$$-[\mathcal{Z}^S][C^1][V_{al}^{P1}] - [D^1][I_{al}^{P1}] = [A^1][V_{al}^{P1}] - [B^1][I_{al}^{P1}] \quad V_L$$

$$\therefore [\mathcal{Z}^S][C^1] + [A^1][V_{al}^{P1}] = ([\mathcal{Z}^S][D^1] + [B^1])[I_{al}^{P1}] \quad V_L$$

即ち

$$([\mathcal{Z}^S][C^1] + [A^1])[\mathcal{Z}^P] = [\mathcal{Z}^S][D^1] + [B^1] \quad \Omega_L$$

$$\therefore [\mathcal{Z}^P] = ([\mathcal{Z}^S][C^1] + [A^1])^{-1}([\mathcal{Z}^S][D^1] + [B^1]) \quad \Omega_L \quad (9)$$

最後に地絡枝の Admittance を求むるに  $[\mathcal{Y}_a^{P1}]^{-1}$  は存在しないから別の方法によつて求めなければならない。[P] 点に於いて a 線は  $Z^P = \frac{1}{Y^P}(\Omega_L)$  なる Impedance を通して接地され b 及び c 線は夫々  $Z(\Omega_L)$  なる Impedance を通して地絡されて居ると考えると地絡枝の Impedance Matrix  $[Z^P]$  は

$$[Z^P] = \begin{bmatrix} Z^P & 0 & 0 \\ 0 & Z & 0 \\ 0 & 0 & Z \end{bmatrix} \quad \Omega_L$$

となる。然らば対称分地絡枝の対称分 Impedance Matrix  $[\mathcal{Z}_a^{P1}]$  は

$$[\mathcal{Z}_a^{P1}] = [C]^{-1}[Z^P][C] = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} Z^P + 2Z & Z^P - Z & Z^P - Z \\ Z^P - Z & Z^P + 2Z & Z^P - Z \\ Z^P - Z & Z^P - Z & Z^P + 2Z \end{bmatrix} \quad \Omega_L \quad (10)$$

実際には b 及び c 線には地絡故障が無いのであるから  $Z$  は無限大である。依つて地絡電流は

$$[I_{al}^{P1}] = \lim_{Z \rightarrow \infty} \{ ([\mathcal{Z}^P]^{-1} + [\mathcal{Z}_a^{P1}]^{-1})^{-1} + [\mathcal{Z}_a^{P1}] \}^{-1} [V_{al}^{P1}] \quad A_L \quad (11)$$

となる。

[2.3] 注意を要するのは

$$\begin{bmatrix} [U] + \frac{1}{2}\alpha^2[\mathcal{Z}][\mathcal{V}] & a[\mathcal{Z}]( [U] + \frac{1}{2}\alpha^2[\mathcal{V}][\mathcal{Z}] ) \\ a[\mathcal{V}] & [U] + \frac{1}{2}\alpha^2[\mathcal{V}][\mathcal{Z}] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [U] + \frac{1}{2}b^2[\mathcal{Z}][\mathcal{V}] & b[\mathcal{Z}]( [U] + \frac{1}{2}\alpha^2[\mathcal{V}][\mathcal{Z}] ) \\ b[\mathcal{V}] & [U] + \frac{1}{2}b^2[\mathcal{V}][\mathcal{Z}] \end{bmatrix}$$

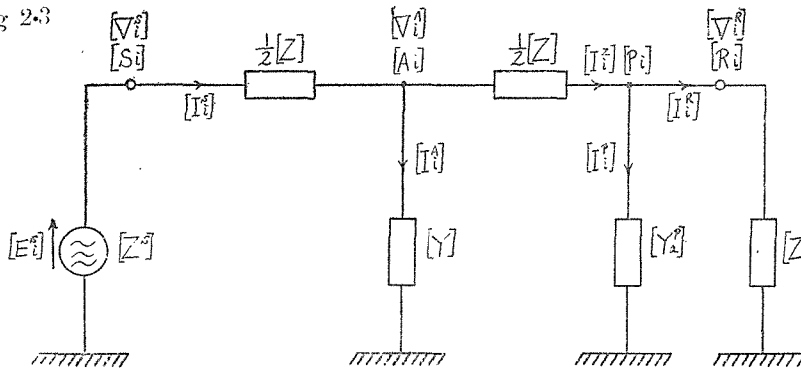
$$\begin{bmatrix} 1 + \frac{1}{2}(a+b)[Z][Y] & (a+b)[Z][U] + \frac{1}{2}(a+b)[Y][Z] \\ (a+b)[Y] & [U] + \frac{1}{2}(a+b)[Y][Z] \end{bmatrix} \begin{cases} \text{数値} \angle \Omega \angle \\ \cup \angle \text{数値} \angle \end{cases}$$

従つて (2.9) 式と (2.23) 式とは何れも受電端に地絡故障がある場合であるに關らず多少異なる。是は (2.9) 式に於いては全線路を I 及び II の 2 区間に分けて取扱つて居るのに (2.9) 式では全線路を 1 区間として取扱つて居るからである。

(2.9) 式の方が線路を分布定数回路として取扱う場合に近いのであつて線路を分布定数回路として取扱えば (2.9) 式と (2.23) 式との様な差異が無くなる。

〔2.4〕 (2.25) 式は (2.15) 式に (2.22) 式を代入しても得られる。

Fig 2.3



〔例2.1〕 電源も線路も亦負荷も皆 3 相対称形である系統に於いて受電端で a 線に地絡故障が生じた場合の傍程を求めよう。地絡故障 Admittance を  $Y^p$  ( $\cup \angle$ ) とし系統上の電位及び電流分布を第 2.3 図の様に考える。線路のみの傍程 Matrix は

$$\begin{bmatrix} [A] & [B] \\ [C] & [D] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [U] + \frac{1}{2}[Z][Y] & [Z]([U] + \frac{1}{2}[Y][Z]) \\ [Y] & [U] + \frac{1}{2}[Y][Z] \end{bmatrix} \begin{cases} \text{数値} \angle \Omega \angle \\ \cup \angle \text{数値} \angle \end{cases} \quad (1)$$

であるから受電端に於いて a 線に地絡故障がある場合の系統傍程は (2.23) 及び (2.24) 式から

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} [E_{a1}^s] - [Z^s][I_{a1}^s] \\ [I_{a1}^s] \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} [A] & [B] \\ [C] & [D] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [U] & [0] \\ [Y^p][U] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{a1}^R] \\ [I_{a1}^R] \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} [A] + [B][Y^p] & [B] \\ [C] + [D][Y^p] & [D] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [Z^R][I_{a1}^R] \\ [I_{a1}^R] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ([A] + [B][Y^p])[Z^R] + [B] & [I_{a1}^R] \\ ([C] + [D][Y^p])[Z^R] + [D] & [I_{a1}^R] \end{bmatrix} \\ &\quad \begin{bmatrix} V \angle \\ \Lambda \angle \end{bmatrix} \quad (2) \end{aligned}$$

依つて

$$\begin{aligned} [E_{a1}^s] &= [Z^s] \{ ([C] + [D][Y^p])[Z^R] + [D] \} [I_{a1}^R] + \{ ([A] + [B][Y^p])[Z^R] + [B] \} [I_{a1}^R] \\ &= \{ ([Z^s][D] + [B])[Y^p][Z^R] + \{ ([Z^s][D] + [B]) + ([Z^s][C] + [A])[Z^R] \} \} [I_{a1}^R] \\ &\quad V \angle \quad (3) \end{aligned}$$

簡単のために

$$\begin{aligned} [S] &= [Z^S][D^S] + [B] & \Omega_{\angle} \\ [T] &= [Z^S][C] + [A] & \text{数値}_{\angle} \end{aligned} \quad (4)$$

と置けば  $[Z^S], [A], [B], [C]$  及び  $[D]$  は皆対角 Matrix であるから  $[S]$  及び  $[T]$  は共に対角 Matrix となる。従つて

$$\begin{aligned} [S] &= [S_{ij} \delta_{ij}] & \Omega_{\angle} \\ [T] &= [T_{ij} \delta_{ij}] & \text{数値}_{\angle} \end{aligned} \quad (5)$$

と置くことが出来る。 $[S]$  及び  $[T]$  を計算するに

$$\begin{aligned} [S] &= \begin{bmatrix} S_{00} & 0 & 0 \\ 0 & S_{10} & 0 \\ 0 & 0 & S_{20} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} Z_{00}^S(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00}) + Z_{00}(1 + \frac{1}{4}Y_{00}Z_{00}) & 0 & 0 \\ 0 & Z_{10}^S(1 + \frac{1}{2}Y_{10}Z_{10}) + Z_{10}(1 + \frac{1}{4}Y_{10}Z_{10}) & 0 \\ 0 & 0 & Z_{20}^S(1 + \frac{1}{2}Y_{20}Z_{20}) + Z_{20}(1 + \frac{1}{4}Y_{20}Z_{20}) \end{bmatrix} \Omega_{\angle} \\ [T] &= \begin{bmatrix} T_{00} & 0 & 0 \\ 0 & T_{10} & 0 \\ 0 & 0 & T_{20} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 1 + (Z_{00}^S + \frac{1}{2}Z_{00})Y_{00} & 0 & 0 \\ 0 & 1 + (Z_{10}^S + \frac{1}{2}Z_{10})Y_{10} & 0 \\ 0 & 0 & 1 + (Z_{20}^S + \frac{1}{2}Z_{20})Y_{20} \end{bmatrix} \text{数値}_{\angle} \end{aligned} \quad (6)$$

依つて(3)式は

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} 0 \\ E_{a1}^S \\ 0 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \frac{1}{3}Y^PS_{00}Z_{00}^R + (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R) & \frac{1}{3}Y^PS_{00}Z_{10}^R & \frac{1}{3}Y^PS_{00}Z_{20}^R \\ \frac{1}{3}Y^PS_{10}Z_{00}^R & \frac{1}{3}Y^PS_{10}Z_{10}^R + (S_{10} + T_{10}Z_{10}^R) & \frac{1}{3}Y^PS_{10}Z_{20}^R \\ \frac{1}{3}Y^PS_{20}Z_{00}^R & \frac{1}{3}Y^PS_{20}Z_{10}^R & \frac{1}{3}Y^PS_{20}Z_{20}^R + (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R) \end{bmatrix} \\ &\quad \cdot \begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} = V_{\angle} \end{aligned} \quad (7)$$

従つて受電端に於いて負荷に流入する線電流は

$$\begin{aligned}
\begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} &= \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} \frac{1}{3} Y^P [(S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) S_{20} Z_{20}^R + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{10} Z_{10}^R] + (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) \\ -\frac{1}{3} Y^P (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{10} Z_{10}^R \\ -\frac{1}{3} Y^P (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) S_{20} Z_{20}^R \\ -\frac{1}{3} Y^P (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R \\ \frac{1}{3} Y^P [(S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{20}^R] + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) \\ -\frac{1}{3} Y^P (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{20}^R \\ -\frac{1}{3} Y^P (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) S_{00} Z_{00}^R \\ -\frac{1}{3} Y^P (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{10} Z_{10}^R \\ \frac{1}{3} Y^P [(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{10} Z_{10}^R + (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) S_{00} Z_{00}^R] + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) \end{bmatrix} \\
&\quad \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ E_{a1}^S \\ 0 \end{bmatrix} \\
&= \frac{E_{a1}^S}{\Delta} \begin{bmatrix} -\frac{1}{3} Y^P (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R \\ \frac{1}{3} Y^P [(S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{20}^R] + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) \\ -\frac{1}{3} Y^P (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{20}^R \end{bmatrix} \quad \Delta \angle
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{但し } \Delta &= \frac{1}{3} Y^P [(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) S_{20} Z_{20}^R + (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R \\
&\quad + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{10} Z_{10}^R] + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) (S_{20} \\
&\quad + T_{20} Z_{20}^R) \quad \Omega^3 \angle \quad (8)
\end{aligned}$$

受電端々子電位は

$$\begin{aligned}
\begin{bmatrix} V_{a0}^R \\ V_{a1}^R \\ V_{a2}^R \end{bmatrix} &= [Z^P] [I_{a1}^R] = \frac{E_{a1}^S}{\Delta} \begin{bmatrix} -\frac{1}{3} Y^P (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R \\ \frac{1}{3} Y^P [(S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{20}^R Z_{10}^R] \\ -\frac{1}{3} Y^P (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{10}^R Z_{20}^R \\ + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) Z_{10}^R \end{bmatrix} \quad V \angle \quad (9)
\end{aligned}$$

従つて被地絡端子 $R_a$ の電位 $V_a^R$ は

$$V_a^R = V_{a0}^R + V_{a1}^R + V_{a2}^R = \frac{E_{a1}^S}{\Delta} (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) Z_{10}^R \quad V \angle$$

となり地絡 Admittance  $Y^P$  が大きい程零に近づく。地絡故障枝の線電流は

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^P \\ I_{a1}^P \\ I_{a2}^P \end{bmatrix} = [Y_a^P] [V_{a1}^R]$$



$$\begin{aligned}
&= \frac{Y^P}{3\Delta} \begin{bmatrix} (S_{10}+T_{10}Z_{10}^R)(S_{20}+T_{20}Z_{20}^R)Z_{00}^R & (S_{20}+T_{20}Z_{20}^R)(S_{00}+T_{00}Z_{00}^R)Z_{10}^R & \\ & // & \\ & // & \\ & & (S_{00}+T_{00}Z_{00}^R)(S_{10}+T_{10}Z_{10}^R)Z_{20}^R & \\ & & // & \\ & & // & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ E_{a1}^S \\ 0 \end{bmatrix} \\
&= \frac{Y^P E_{a1}^S}{3\Delta} \begin{bmatrix} (S_{20}+T_{20}Z_{20}^R)(S_{00}+T_{00}Z_{00}^R)Z_{10}^R \\ // \\ // \end{bmatrix} \quad \Lambda \angle \quad (10)
\end{aligned}$$

上式から判る様に地絡電流の3対称分は相等しい。従つて非接地となつて居るb及びc線の地絡故障電流は共に零となる。是は当然である。

電源から地絡故障点 [P] に向つて流入し來たるa相線電流は

$$\begin{aligned}
\begin{bmatrix} I_{a0}^Z \\ I_{a1}^Z \\ I_{a2}^Z \end{bmatrix} &= [I_{a1}^R] + [I_{a1}^P] \\
&= \frac{E_{a1}^S}{\Delta} \begin{bmatrix} \frac{1}{3} Y^P (S_{20}+T_{20}Z_{20}^R) T_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R \\ \frac{1}{3} Y^P [(S_{20}+T_{20}Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R + (S_{00}+T_{00}Z_{00}^R) S_{20} Z_{20}^R + (S_{20}+T_{20}Z_{20}^R) \cdot (S_{00}+T_{00}Z_{00}^R) Z_{10}^R] + (S_{20}+T_{20}Z_{20}^R) (S_{00}+T_{00}Z_{00}^R) \\ \frac{1}{3} Y^P (S_{00}+T_{00}Z_{00}^R) T_{20} Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix} \\
&\quad \Lambda \angle \quad (11)
\end{aligned}$$

並列 Admittance [Y] が接続されて居る点 [A] のa相に於ける電位は

$$\begin{aligned}
\begin{bmatrix} V_{a0}^A \\ V_{a1}^A \\ V_{a2}^A \end{bmatrix} &= [V_{a1}^R] + \frac{1}{2} [Z] [I_{a1}^Z] \\
&= \frac{E_{a1}^S}{\Delta} \begin{bmatrix} -\frac{1}{3} Y^P (S_{20}+T_{20}Z_{20}^R) (S_{00}-\frac{1}{2} T_{00} Z_{00}^R) Z_{00}^R Z_{10}^R \\ \frac{1}{3} Y^P [(S_{20}+T_{20}Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R + (S_{00}+T_{00}Z_{00}^R) S_{20} Z_{20}^R] (Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10}) \\ + \frac{1}{2} (S_{20}+T_{20}Z_{20}^R) (S_{00}+T_{00}Z_{00}^R) Z_{10}^R Z_{10} \\ + S_{20}+T_{20}Z_{20}^R (S_{00}+T_{00}Z_{00}^R) (Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10}) \\ \frac{1}{3} Y^P (S_{00}+T_{00}Z_{00}^R) (S_{20}-\frac{1}{2} T_{20} Z_{20}^R) Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix} \\
&\quad V \angle \quad (12)
\end{aligned}$$

並列 Admittanceに流入する電流は

$$\begin{aligned}
 & \begin{bmatrix} I_{a0}^A \\ I_{a1}^A \\ I_{a2}^A \end{bmatrix} = [Y][V_a^A] \\
 & = E_{\Delta}^S \begin{bmatrix} -\frac{1}{3} Y^P (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (S_{00} - \frac{1}{2} T_{00} Z_{00}^R) Y_{10} Z_{10}^R Z_{10}^R \\ \frac{1}{3} Y^P \{ (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{20}^R \} Y_{10} (Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10}) \\ + \frac{1}{2} (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) Y_{10} Z_{10}^R Z_{10} \\ + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) Y_{10} (Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10}) \\ -\frac{1}{3} Y^P (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) (S_{20} - \frac{1}{2} T_{20} Z_{20}) Y_{20} Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix} \\
 & \quad \quad \quad A \angle \quad (13)
 \end{aligned}$$

電源から流出する線電流は

$$\begin{aligned}
 & \begin{bmatrix} I_{a0}^S \\ I_{a1}^S \\ I_{a2}^S \end{bmatrix} = [I_a^z] + [I_a^A] \\
 & = E_{\Delta}^S \begin{bmatrix} \frac{1}{3} Y^P (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) Z_{00}^R Z_{10}^R \\ \frac{1}{3} Y^P \{ (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{20}^R \} \{ 1 + (Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10}) Y_{10} \} \\ + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) (1 + \frac{1}{2} Z_{10} Y_{10}) Z_{10}^R \\ + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) \{ 1 + (Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10}) Y_{10} \} \\ \frac{1}{3} Y^P (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix} \\
 & \quad \quad \quad A \angle \quad (14)
 \end{aligned}$$

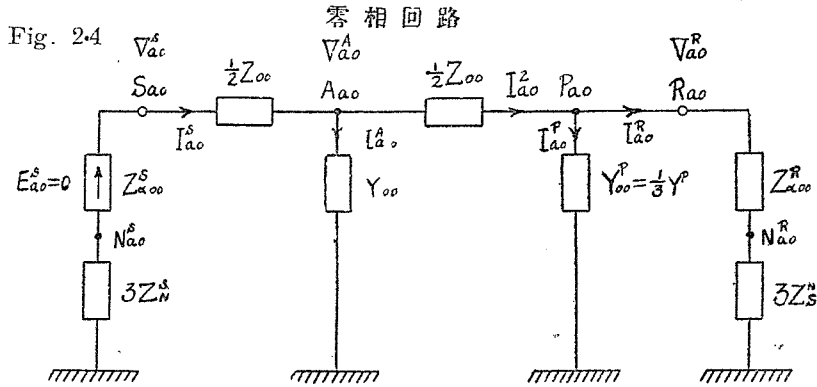
電源の端子電位は

$$\begin{aligned}
 & \begin{bmatrix} V_{a0}^S \\ V_{a1}^S \\ V_{a2}^S \end{bmatrix} = [V_a^A] + \frac{1}{3} [Z][I_a^S] \\
 & = \frac{E_{\Delta}^S}{\Delta} \begin{bmatrix} -\frac{1}{3} Y^P (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) [S_{00} - \frac{1}{2} (T_{00} + 1) Z_{00}] Z_{00}^R Z_{10}^R \\ \frac{1}{3} Y^P \{ (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{20}^R \} \{ \frac{1}{2} Z_{10} + (1 + \frac{1}{2} Y_{10} Z_{10}) \\ \cdot (Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10}) \} + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) (1 + \frac{1}{2} Z_{10} Y_{10}) Z_{10}^R Z_{10} \\ + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) [\frac{1}{2} Z_{10} + (1 + \frac{1}{2} Y_{10} Z_{10}) (Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10})] \\ -\frac{1}{3} Y^P (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) [S_{20} - \frac{1}{2} (T_{00} + 1) Z_{20}] Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix} \\
 & \quad \quad \quad V \angle \quad (15)
 \end{aligned}$$

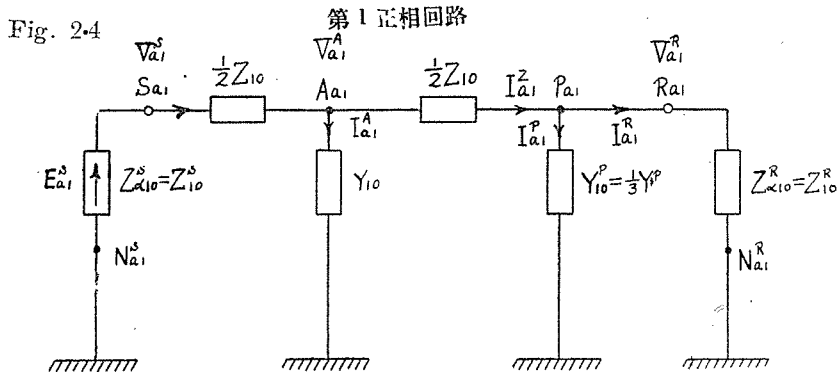
となる。

系統の対称分回路をa相について図示すれば第24図のようになる。電源、線路及び負荷の全部が3相対称式であるから其れ等の各々の3相対称分の間には相互作用が全然無いが地絡

枝は非対称であるから其の3対称分の間には相互作用がある。即ち零相、第1正相及び第2正相の3地絡枝の間の相互 Admittance は皆  $\frac{1}{3}Y^P(\angle)$  で相等しい。



零相及び第2正相の両対称分回路中には共に起電力が存在しない受動回路である。従つて此の両対称分回路に流れる電流は第1正相回路が此の両対称分回路に及ぼす相互 Admittance — 精密に云うならば第1正相地絡枝が夫々零相地絡枝と第2正相地絡枝とに及ぼす相互 Admittance  $\frac{1}{3}Y^P$  — に依つて生ずるものである。

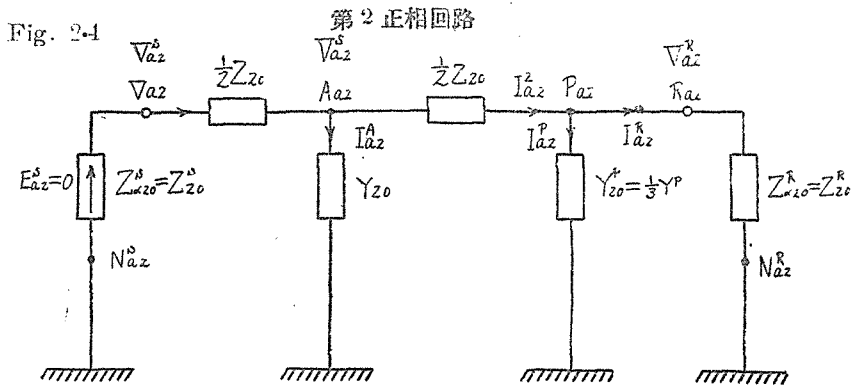


(8) 式から判る様に電源から負荷を眺めるとき 零相、第1正相及び第2正相負荷の自己 Admittance  $Y_{00}^{RS}$ ,  $Y_{10}^{RS}$  及び  $Y_{20}^{RS}$  は

$$\begin{bmatrix} Y_{00}^{RS} \\ Y_{10}^{RS} \\ Y_{20}^{RS} \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} \frac{1}{3}Y^P [(S_{10}+T_{10}Z_{10}^R)S_{20}Z_{20}^R + (S_{20}+T_{20}Z_{20}^R)S_{10}Z_{10}^R] \\ \quad + (S_{10}+T_{10}Z_{10}^R)(S_{20}+T_{20}Z_{20}^R) \\ \frac{1}{3}Y^P [(S_{20}+T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R + (S_{00}+T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{20}^R] \\ \quad + (S_{20}+T_{20}Z_{20}^R)(S_{00}+T_{00}Z_{00}^R) \\ \frac{1}{3}Y^P [(S_{00}+T_{00}Z_{00}^R)S_{10}Z_{10}^R + (S_{10}+T_{10}Z_{10}^R)S_{00}Z_{00}^R] \\ \quad + (S_{00}+T_{00}Z_{00}^R)(S_{10}+T_{10}Z_{10}^R) \end{bmatrix}$$

$\angle$

である。第1正相負荷と第2正相負荷とが夫々零相負荷に及ぼす相互 Admittance は夫々  $-\frac{1}{3\Delta} Y^P(S_{20}+T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{10}^R$  及び  $-\frac{1}{3} Y^P(S_{10}+T_{10}Z_{10}^R)S_{00}Z_{20}^R(U\angle)$  で第2正相負荷と零相負荷とが夫々第1正相負荷に及ぼす相互 Admittance は夫々  $-\frac{1}{3\Delta} Y^P(S_{00}+T_{00}Z_{00}^R)S_{10}Z_{20}^R$  及び  $-\frac{1}{3\Delta} Y^P(S_{20}+T_{20}Z_{20}^R)S_{10}Z_{00}^R(U\angle)$  である。而して零相負荷と第1正相負荷とが夫々第2正相負荷に及ぼす相互 Admittance は夫々  $-\frac{1}{3\Delta} Y^P(S_{10}+T_{10}Z_{10}^R)S_{20}Z_{00}^R$  及び  $-\frac{1}{3\Delta} Y^P(S_{00}+T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{10}^R(U\angle)$  である。



元來系統が健全なときは系統は3相対称式であるから電源から負荷を眺めても負荷の3相対称分が相互作用を及ぼし合うことはないのであるが1線地絡故障が起れば系統が忽ち非対称形となるので上記の様に3相対称分負荷の間に相互作用が生ずるのである。

(10)式から判る様に電源から地絡枝を眺めるとき零相、第1正相及び第2正相地絡枝の自己 Admittance  $Y_{00}^{Ps}$ ,  $Y_{10}^{Ps}$  及び  $Y_{20}^{Ps}$  は

$$\begin{bmatrix} Y_{00}^{Ps} \\ Y_{10}^{Ps} \\ Y_{20}^{Ps} \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} \frac{1}{3} Y^P(S_{10}+T_{10}Z_{10}^R) S_{20}+T_{20}Z_{20}^R Z_{00}^R \\ \frac{1}{3} Y^P(S_{20}+T_{20}Z_{20}^R)(S_{00}+T_{00}Z_{00}^R) Z_{10}^R \\ \frac{1}{3} Y^P(S_{00}+T_{00}Z_{00}^R)(S_{10}+T_{10}Z_{10}^R) Z_{20}^R \end{bmatrix} \quad U\angle$$

である。第1正相及び第2正相地絡枝が夫々零相地絡枝に及ぼす相互 Admittance は夫々第1正相及び第2正相地絡枝の自己 Admittance に等しく第2正相及び零相地絡枝が夫々第1正相地絡枝に及ぼす相互 Admittance は夫々第2正相及び零相地絡枝の自己 Admittance に等しい。而して零相及び第2正相地絡枝が夫々第2正相地絡枝に及ぼす相互 Admittance は夫々零相及び第1正相地絡枝の自己 Admittance に等しい。電源から地絡枝を眺めたときのこの性質は1線地絡故障の著しい特徴である。

電源中性点の電位  $V_N^s$  及び負荷中性点の電位  $V_N^R$  は  $Z_N^s$  及び  $Z_N^R$  を夫々電源及び負荷の中性点接地 Impedance ( $\Omega\angle$ ) とすれば

$$V_N^s = -3Z_N^s I_{a0}^s = -\frac{1}{\Delta} Y^P Z_N^s (S_{20}+T_{20}Z_{20}^R) Z_{00}^R Z_{10}^R E_{a1}$$

$$V_N^R = 3Z_N^R I_{a0}^R = -\frac{1}{\Delta} Y^P Z_N^R (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{10}^R E_{a1}^S \quad V_L \quad (16)$$

若し  $P_a$  点に於いて  $a$  線が完全接地となつて居るならば  $Y^P$  は無限大となるから (8) 式以下は

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta'} \begin{bmatrix} -(S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{10}^R \\ (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{20}^R \\ -(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{10}^R \end{bmatrix} \quad A_L$$

但し  $\Delta' = (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R)(S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) S_{20} Z_{20}^R + (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R)(S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R$   
 $+ (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{10} Z_{10}^R \quad \Omega^2 L \quad (17)$

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^R \\ V_{a1}^R \\ V_{a2}^R \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta'} \begin{bmatrix} -(S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R \\ (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{10}^R Z_{20}^R \\ -(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix} \quad V_L \quad (18)$$

従つて被地絡端子  $R_a$  の電位  $V_a^R$  は零となる。是は  $R_a$  が直接に接地されて居るから当然である。

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^P \\ I_{a1}^P \\ I_{a2}^P \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta'} \begin{bmatrix} (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) Z_{10}^R \\ // \\ // \end{bmatrix} \quad A_L \quad (19)$$

健全なる  $b$  及び  $C$  相の地絡電流  $I_b^P$  及び  $I_c^P$  は零となるが是も当然である。

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^Z \\ I_{a1}^Z \\ I_{a2}^Z \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta'} \begin{bmatrix} (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) T_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R \\ (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{20}^R + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) Z_{10}^R \\ (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) T_{20} Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix} \quad A_L \quad (20)$$

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^A \\ V_{a1}^A \\ V_{a2}^A \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta'} \begin{bmatrix} -(S_{20} + T_{20} Z_{20}^R)(S_{00} - \frac{1}{2} T_{00} Z_{00}^R) Z_{00}^R Z_{10}^R \\ [(S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{20}^R] (Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10}^R) \\ + \frac{1}{2} (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) Z_{10}^R Z_{10}^R \\ -(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R)(S_{20} - \frac{1}{2} T_{20} Z_{20}^R) Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix} \quad V_L \quad (21)$$

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^A \\ I_{a1}^A \\ I_{a2}^A \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta'} \begin{bmatrix} -(S_{20} + T_{20} Z_{20}^R)(S_{00} - \frac{1}{2} T_{00} Z_{00}^R) Y_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R \\ [(S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{20}^R] Y_{10} (Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10}^R) \\ + \frac{1}{2} (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) Y_{10} Z_{10}^R Z_{10}^R \\ -(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R)(S_{20} - \frac{1}{2} T_{20} Z_{20}^R) Y_{20} Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix} \quad A_L \quad (22)$$

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^S \\ I_{a1}^S \\ I_{a2}^S \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta} \begin{bmatrix} (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)Z_{a0}^R Z_{10}^R \\ (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{a0}^R + (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{a0}^R \left[1 + (Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10})Y_{10}\right] + \frac{1}{2}(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)(1 + \frac{1}{2}Y_{10}Z_{10})Z_{10}^R \\ (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix}$$

A  $\angle$  (23)

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^S \\ V_{a1}^S \\ V_{a2}^S \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta'} \begin{bmatrix} -(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)[S_{00} - \frac{1}{2}(T_{00} + 1)Z_{00}]Z_{a0}^R Z_{10}^R \\ [(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{a0}^R + (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{a0}^R] \left[\frac{1}{2}Z_{10} + (1 + \frac{1}{2}Y_{10}Z_{10}) \cdot (Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10})\right] + (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)(1 + \frac{1}{2}Z_{10}Y_{10})Z_{10}Z_{10}^R \\ -(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)[S_{20} - \frac{1}{2}(T_{20} + 1)Z_{20}]Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix}$$

V  $\angle$  (24)

又中性点電位は(16)式から

$$\begin{aligned} V_N^S &= -\frac{3}{\Delta} Z_N^S (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)Z_{a0}^R Z_{10}^R E_{a1}^S \\ V_N^R &= -\frac{3}{\Delta} Z_N^R (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{10}^R E_{a1}^S \end{aligned}$$

V  $\angle$  (25)

となる。若し負荷のみの零相 Impedance の零相分  $Z_{a00}^R$  が負荷の中性点接地 Impedance  $Z_N^R$  に比べて非常に小さいならば  $Z_{a00}^R \div 3Z_N^R$  と考えてよいから

$$V_{a0}^R \div -\frac{3}{\Delta} Z_N^R (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{10}^R E_{a1}^S = V_N^R$$

V  $\angle$

即ち負荷の端子  $R_a$  が完全に接地された場合には  $R_a$  の零相電位は負荷の中性点電位に略々等しい。

系統が健全である場合には  $Y^P=0$ であるから(8)式以下は

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

A  $\angle$  (26)

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^R \\ V_{a1}^R \\ V_{a2}^R \end{bmatrix} = \frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} E_{a1}^S \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

V  $\angle$  (27)

$$[I_{a1}^Z] = [I_{a1}^R] \quad A \angle \quad (28)$$

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^A \\ V_{a1}^A \\ V_{a2}^A \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} \begin{bmatrix} 0 \\ Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10} \\ 0 \end{bmatrix}$$

V  $\angle$  (29)

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^A \\ I_{a1}^A \\ I_{a2}^A \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{S_{10} + T_{10} Z_{10}^R} \begin{bmatrix} 0 \\ Y_{10}(Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10}) \\ 0 \end{bmatrix} \quad A \angle \quad (30)$$

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^S \\ I_{a1}^S \\ I_{a2}^S \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{S_{10} + T_{10} Z_{10}^R} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 + Y_{10}(Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10}) \\ 0 \end{bmatrix} \quad A \angle \quad (31)$$

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^S \\ V_{a1}^S \\ V_{a2}^S \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{S_{10} T_{10} Z_{10}^R} \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{2} Z_{10} + (1 + \frac{1}{2} Y_{10} Z_{10})(Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10}) \\ 0 \end{bmatrix} \quad V \angle \quad (32)$$

となる。系統が完全対称形であるから電位と電流とが平衡して居るのは当然である。

元來本例に於ける系統は健全状態では完全対称形であるに關はらず受電端に於て  $a$  相に地絡故障が起ると系統全体が忽ち非対称形となり電位にも電流にも零相分と第 2 正相分とが現れて不平衡となつてしまう。此のことは地絡故障が完全接地により生じたものか不完全接地により生じたものかには關係がない。

#### 〔例2.2〕 非接地系に於ける地絡故障

〔例2.1〕に於ける系統に就いて中性点が非接地となつて居る場合の地絡事故現象を調べよう。

先ず最初に電源中性点のみが非接地なる場合に就いて考える。但し〔例2.1〕と同様に受電端に於いて  $a$  線が接地されて居るとし然も接地は直接に施されて居るとする。

此の場合には電源の零相 Impedance が無限大であるから  $Z_{00}^S$  も無限大となる。依つて〔例2.1〕の (17) 式以下に  $Z_{00}^S \rightarrow \infty$  と置けば此の場合の電位及び電流分布が得られることになる。扱て

$$\lim_{Z_{00}^S \rightarrow \infty} \frac{S_{00}}{\Delta'} = \frac{1}{\Delta'_S} (1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00})$$

$$\lim_{Z_{00}^S \rightarrow \infty} \frac{S_{00} + T_{00} Z_{00}^R}{\Delta'} = \frac{1}{\Delta'_S} [(1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) + Y_{00} Z_{00}^R] \quad U^2 \angle$$

$$\begin{aligned} \text{但し } \Delta'_S &= [(1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) + Y_{00} Z_{00}^R] (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) S_{20} Z_{20}^R + (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) \\ &\quad \cdot (1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) Z_{00}^R + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) [(1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) + Y_{00} Z_{00}^R] S_{10} Z_{10}^R \\ &= (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) Z_{00}^R \\ &\quad + [(S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) S_{20} Z_{20}^R + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{10} Z_{10}^R] [(1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) + Y_{00} Z_{00}^R] \\ &\quad \Omega^3 \angle \quad (1) \end{aligned}$$

従つて負荷の線電流は

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta'_S} \begin{bmatrix} -(S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) Z_{10}^R \\ (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) Z_{00}^R + [(1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) + Y_{00} Z_{00}^R] S_{20} Z_{20}^R \\ - [(1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) + Y_{00} Z_{00}^R] S_{20} Z_{10}^R \end{bmatrix} \quad A \angle \quad (2)$$

電源が非接地式であるに關らず荷負の線電流に零相分を含んで居るが是は系統中に中性点を直接々地した並列 Admittance があることに因る。

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^R \\ V_{a1}^R \\ V_{a2}^R \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta_S'} \begin{bmatrix} -(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00})Z_{00}^R Z_{10}^R \\ (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00})Z_{00}^R Z_{10}^R + [(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00}) + Y_{00}Z_{00}^R]S_{20}Z_{10}^R Z_{20}^R \\ -[(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00}) + Y_{00}Z_{00}^R]S_{20}Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix} \quad V_L \quad (3)$$

受電端の地絡故障端子  $R_a$  の電位は矢張り零である。

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^P \\ I_{a1}^P \\ I_{a2}^P \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta_S'} \begin{bmatrix} (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)[(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00}) + Y_{00}Z_{00}^R]Z_{10}^R \\ " \\ " \end{bmatrix} \quad A_L \quad (4)$$

上式から地絡故障が無い b 及び c 線の地絡故障電流は共に矢張り零であることが判る。

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^Z \\ I_{a1}^Z \\ I_{a2}^Z \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta_S'} \begin{bmatrix} (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)Y_{00}Z_{00}^R Z_{10}^R \\ (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00})Z_{00}^R + [S_{20}Z_{20}^R + (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)Z_{10}^R] \\ \cdot [(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00}) + Y_{00}Z_{00}^R] \\ [(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00}) + Y_{00}Z_{00}^R]T_{20}Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix} \quad A_L \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^A \\ V_{a1}^A \\ V_{a2}^A \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta_S'} \begin{bmatrix} -(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)Z_{00}^R Z_{10}^R \\ [(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00})Z_{00}^R + \{(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00}) + Y_{00}Z_{00}^R\}S_{20}Z_{20}^R] \\ \cdot (Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10}) + \frac{1}{2}(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)[(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00}) + Y_{00}Z_{00}^R]Z_{10}^R Z_{10} \\ -[(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00}) + Y_{00}Z_{00}^R](S_{20} - \frac{1}{2}T_{20}Z_{20})Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix} \quad V_L \quad (6)$$

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^A \\ I_{a1}^A \\ I_{a2}^A \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta_S'} \begin{bmatrix} -(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)Y_{00}Z_{00}^R Z_{10}^R \\ [(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00})Z_{00}^R + \{(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00}) + Y_{00}Z_{00}^R\}S_{20}Z_{20}^R] \\ \cdot Y_{10}(Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10}) + \frac{1}{2}(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)[(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00}) + Y_{00}Z_{00}^R]Y_{10}Z_{10}^R Z_{10} \\ -[(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00}) + Y_{00}Z_{00}^R](S_{20} - \frac{1}{2}T_{20}Z_{20})Y_{20}Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix} \quad A_L \quad (7)$$

(2), (4) 式及び (7) 式から

$$\begin{aligned} I_{a0}^A + I_{a0}^R &= \frac{E_{a1}^S}{\Delta_S'} [- (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)Y_{00}Z_{00}^R Z_{10}^R - (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00})Z_{10}^R] \\ &= -\frac{E_{a1}^S}{\Delta_S'} (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)[(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00}) + Y_{00}Z_{00}^R]Z_{10}^R = -I_{a0}^P \quad A_L \end{aligned}$$

即ち地絡電流の零相分は線路に於ける並列 Admittance の零相線電流と負荷の零相線電流との和の符号を変じたものである。換言すれば地絡電流は a, b 及び c 線の並列 Admittance



による電流の和と負荷の  $a, b$  及び  $c$  相の電流との総和の帰流である。

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^S \\ I_{a1}^S \\ I_{a2}^S \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta_S} \begin{bmatrix} 0 \\ \{ (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) Z_{00}^R + \{ (1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) + Y_{00} Z_{00}^R \} S_{20} Z_{20}^R \} \\ \cdot [1 + (Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10}) Y_{10}] + \frac{1}{2} (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) [(1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) + Y_{00} Z_{00}^R] \\ \cdot (1 + \frac{1}{2} Y_{10} Z_{10}) Z_{10}^R \\ [(1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) + Y_{00} Z_{00}^R] Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix} \quad \text{A} \angle \quad (8)$$

上式から判る様に電源から流出する線電流には零相分が含まれないが是は電源中性点が非接地であるから当然である。然るに受電端に向つて流れる線電流 [I] には零相分が含まれるが是は並列 Admittance を含めて電源側を眺めた合成電源は接地された中性点を有することになるからである。

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^S \\ V_{a1}^S \\ V_{a2}^S \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta'_S} \begin{bmatrix} -(S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) Z_{00}^R Z_{10}^R \\ \{ (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) Z_{00}^R + \{ (1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) + Y_{00} Z_{00}^R \} S_{20} Z_{20}^R \} \\ \cdot [\frac{1}{2} Z_{10} + (1 + \frac{1}{2} Y_{10} Z_{10}) (Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10})] + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) \\ \cdot [(1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) + Y_{00} Z_{00}^R] (1 + \frac{1}{2} Z_{10} Y_{10}) Z_{10} Z_{10}^R \\ -(1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) + Y_{00} Z_{00}^R [(S_{20} - \frac{1}{2} (T_{20} + 1) Z_{20}) Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix} \quad \text{V} \angle \quad (9)$$

(6)式から  $V_{a0}^S = V_{a0}^R$  なることが判る。是は [A] 点から送電端迄は零相線電流が零であるから此の間の直列 Impedance  $\frac{1}{2} Z_{00}$  による零相電圧降下が零となるためである。

中性点電位は

$$\begin{aligned} V_N^S &= -\frac{1}{\Delta_S} (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) Z_{00}^R Z_{10}^R E_{a1}^S \\ V_N^R &= -\frac{3}{\Delta_S} Z_N^R (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) Z_{10}^R E_{a1}^S \end{aligned} \quad \text{V} \angle \quad (10)$$

となる。此の場合には電源の零相線電流が零であるから  $V_N^S = V_{a0}^S$  となる。

次に負荷中性点も亦非接地である場合に就いて考えよう。

此の場合には負荷の零相 Impedance が無限大であるから  $Z_{00}^R$  も無限大となる。依つて(1)式以下に  $Z_{00}^R \rightarrow \infty$  と置けば此の場合の電位及電流分布が得られる訳である。扱て

$$\begin{aligned} \lim_{Z_{00}^R \rightarrow \infty} \frac{Z_{00}^R}{\Delta'_S} &= \frac{1}{\Delta'_{SR}} \\ \text{但し } \Delta'_{SR} &= (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) \\ &\quad + [(S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) S_{20} Z_{20}^R + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{10} Z_{10}^R] Y_{10} \quad \Omega^2 \angle \quad (11) \end{aligned}$$

依つて(2)式は

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta'_{SR}} \begin{bmatrix} 0 \\ (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) + Y_{00} S_{20} Z_{20}^R \\ -Y_{00} S_{20} Z_{10}^R \end{bmatrix} \quad \text{A} \angle \quad (12)$$

負荷の中性点が非接地であるから負荷の零相電流が零であるのは当然である。非接地系では1線地絡故障があつても被地絡相が短絡されて居る訳ではない。従つて近接して居る他系統への誘導障害を考慮にとらなければ1線地絡故障中と雖も送電を継続することが出来ると云はれて居る。併し(12)式から判る様に1線地絡故障の際には負荷の線電流は第2正相分を含んで居るから負荷線電流が不平衡状態にあることに留意しなければならない。

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^R \\ V_{a1}^R \\ V_{a2}^R \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta_{SR}} \begin{bmatrix} -(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00})Z_{10}^R \\ (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00})Z_{10}^R + S_{20}Y_{00}Z_{10}^RZ_{20}^R \\ S_{20}T_{00}Z_{10}^RZ_{20}^R \end{bmatrix} \quad V_{\angle} \quad (13)$$

此の場合にも地絡故障端子  $R_a$  の電位は零である。

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^P \\ I_{a1}^P \\ I_{a2}^P \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta_{SR}} \begin{bmatrix} (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)Y_{00}Z_{10}^R \\ // \\ // \end{bmatrix} \quad A_{\angle} \quad (14)$$

上式から判る様に地絡故障が無い  $b$  及  $c$  線の地絡故障電流は共に矢張り零である。

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^Z \\ I_{a1}^Z \\ I_{a2}^Z \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta_{SR}} \begin{bmatrix} (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)Y_{00}Z_{10}^R \\ (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00}) + [S_{20}Z_{20}^R + (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)Z_{10}^R]Y_{00} \\ T_{20}Y_{00}Z_{10}^RZ_{20}^R \end{bmatrix} \quad A_{\angle} \quad (15)$$

電源から受電端に流入し來たる零相線電流は地絡電流の零相分に等しい。

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^A \\ V_{a1}^A \\ V_{a2}^A \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta_{SR}} \begin{bmatrix} -(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)Z_{10}^R \\ [(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00}) + S_{20}Z_{20}^RY_{00}](Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10}) \\ + \frac{1}{2}(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)Y_{00}Z_{10}Z_{10}^RZ_{20}^R \\ -(S_{20} - \frac{1}{2}T_{20}Z_{20})Y_{00}Z_{10}^RZ_{20}^R \end{bmatrix} \quad V_{\angle} \quad (16)$$

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^A \\ I_{a1}^A \\ I_{a2}^A \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta_{SR}} \begin{bmatrix} -(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)Y_{00}Z_{10}^R \\ [(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00}) + S_{20}Z_{20}^RY_{00}]Y_{10}(Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10}) \\ + \frac{1}{2}(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)Y_{00}Y_{10}Z_{10}Z_{10}^RZ_{20}^R \\ -(S_{20} - \frac{1}{2}T_{20}Z_{20})Y_{00}Y_{20}Z_{10}^RZ_{20}^R \end{bmatrix} \quad A_{\angle} \quad (17)$$

(14)式から  $I_{a0}^P = -I_{a0}^A$  なることが判る即ち零相地絡電流は並列 Admittance の零相線電流の帰流である。従つて並列 Admittance の零相線電流は  $[A]$  点から電線中を流れて地絡点に至り地絡枝を通過して大地に流入する。而して大地中を流れて並列 Admittance に帰るのであつて電源及び負荷には無関係である。零相回路の此の部分には勿論起電力が無いから此の電流は第1正相回路が零相回路に及ぼす相互誘導に因つて出するのである。非接地

系に於ける地絡故障のために近接した他系統に発生する誘導障害は殆んど上記の零相電流に起因する。

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^S \\ I_{a1}^S \\ I_{a2}^S \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta_{SR}} \begin{bmatrix} 0 \\ [(Z_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00}) + S_{20}Z_{20}^R Y_{00}][1 + (Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10})Y_{10}] \\ + \frac{1}{2}(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)Y_{00}(1 + \frac{1}{2}Y_{10}Z_{10})Z_{10}^R \\ - Y_{00}Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix} \quad A_{\angle} \quad (18)$$

電源中性点が非接地であるから電源から流出する線電流の零相分は矢張り零である。

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^S \\ V_{a1}^S \\ V_{a2}^S \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta_{SR}} \begin{bmatrix} -(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)Z_{10}^R \\ [(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00}) + S_{20}Z_{20}^R Y_{00}][\frac{1}{2}Z_{10} + (1 + \frac{1}{2}Y_{10}Z_{10}) \\ \cdot (Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10})] + (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)Y_{00}(1 + \frac{1}{2}Z_{10}Y_{10})Z_{10}Z_{10}^R \\ - [S_{20} - \frac{1}{2}(T_{20} + 1)Z_{20}]Y_{00}Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix} \quad V_{\angle} \quad (19)$$

電源中性点のみが非接地の場合のときと同じ理由により  $V_{a0}^S = V_{a0}^R$  である。

中性点電位は

$$\begin{aligned} V_N^S &= -\frac{1}{\Delta_{SR}}(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)Z_{10}^R E_{a1}^S \\ V_N^R &= -\frac{1}{\Delta_{SR}}(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)Z_{10}^R E_{a1}^S \end{aligned} \quad V_{\angle} \quad (20)$$

此の場合には電源中性点電位と負荷中性点電位とは相等しい。

### 第3節 送電線の2線地絡故障現象

前節に述べた系統に於いて  $[P_i]$  で b 及び c の 2 線が等しい Admittance  $Y^P$  ( $U_{\angle}$ ) を通し接地された場合を考えよう。

$[P_i]$  点に於ける地絡枝の Admittance を  $[Y_{bc}^P]$  ( $U_{\angle}$ ) とすれば送電線の区間 I 及び II に就いては夫々 (2.1) 及び (2.3) 式が成立し  $[P_i]$  点に就いては (2.2) 式と同じ形の接地故障 Matrix が与えられるから地絡故障時の線路の仿程は (2.4) 式と同様に

$$\begin{bmatrix} [V_{a1}^S] \\ [I_{a1}^S] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [A^1] & [B^1] \\ [C^1] & [D^1] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [U] & [0] \\ [\mathbb{V}_{bc}^P] & [U] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [A^2] & [B^2] \\ [C^2] & [D^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{a1}^R] \\ [I_{a1}^R] \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} V_{\angle} \\ A_{\angle} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

なる式で表はされることになる。

本節の場合の様に  $P_b$  及び  $P_c$  点に於いて夫々 b 及び c 線が共に接地 Admittance  $Y^P$  を通して地絡されて居る場合には対称分地絡枝の対称分 Admittance  $[\mathbb{V}_{bc}^P]$  は

$$[\mathbb{V}_{bc}^P] = [C]^{-1} [Y_{bc}^P] [C] = [C]^{-1} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & Y^P & 0 \\ 0 & 0 & Y^P \end{bmatrix} [C]$$

$$= \frac{1}{3} Y^P \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \quad U_L \quad (3.2)$$

となる。<sup>(3.1)</sup> 此の場合  $[\mathbb{V}_{bc}^P]$  の対角元素は皆  $\frac{1}{3} Y^P (U_L)$  で其の他の元素は皆  $-\frac{1}{3} Y^P (U_L)$  である。若し  $c$  及び  $a$  の両線が接地 Admittance  $Y^P$  を通して地絡されて居るならば対称分地絡枝 Admittance  $[\mathbb{V}_{ca}^P]$  は

$$[\mathbb{V}_{ca}^P] = [C]^{-1} [Y_{ca}^P] [C] = [C]^{-1} \begin{bmatrix} Y^P & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Y^P \end{bmatrix} [C]$$

$$= \frac{1}{3} Y^P \begin{bmatrix} 2 & -\gamma^2 & -\gamma \\ -\gamma & 2 & -\gamma^2 \\ -\gamma^2 & -\gamma & 2 \end{bmatrix} \quad U_L \quad (3.3)$$

又若し  $a$  及び  $b$  の両線が接地 Admittance  $Y^P$  を通して地絡されて居るならば対称分地絡枝 Admittance  $[\mathbb{V}_{ab}^P]$  は

$$[\mathbb{V}_{ab}^P] = [C]^{-1} [Y_{ab}^P] [C] = [C]^{-1} \begin{bmatrix} Y^P & 0 & 0 \\ 0 & Y^P & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} [C]$$

$$= \frac{1}{3} Y^P \begin{bmatrix} 2 & -\gamma^{2 \cdot 2} & -\gamma^2 \\ -\gamma^2 & 2 & -\gamma^{2 \cdot 2} \\ -\gamma^{2 \cdot 2} & -\gamma^2 & 2 \end{bmatrix} \quad U_L \quad (3.4)$$

となる。2線地絡故障の場合には対称分地絡枝 Admittance  $[\mathbb{V}_{ij}^P]$  の対角元素は皆  $\frac{1}{3} Y^P (U_L)$  であつて  $[\mathbb{V}_{bc}^P]$ ,  $[\mathbb{V}_{ca}^P]$  及び  $[\mathbb{V}_{ab}^P]$  の間には

$$[\mathbb{V}_{ca}^P] = [\gamma^{-(i-1)^2} \delta_{ij}] [\mathbb{V}_{bc}^P] [\gamma^{(i-1)^2} \delta_{ij}] \quad U_L$$

$$[\mathbb{V}_{ab}^P] = [\gamma^{-(i-1)} \delta_{ij}] [\mathbb{V}_{bc}^P] [\gamma^{i-1} \delta_{ij}] \quad U_L \quad (3.5)$$

なる関係がある。

(3.2), (3.3) 及び (3.4) 式から判る様に対称分地絡枝 Admittance  $[\mathbb{V}_{ij}^P]$  は地絡された相によつて特有な形をとるから何れの2相に地絡事故があるかは  $[\mathbb{V}_{ij}^P]$  の形に依つて直ちに判別することが出来る。又2線地絡故障の場合には地絡 Admittance  $Y^P$  は地絡枝 Admittance  $[Y_{ij}^P]$  の対角元素の2箇だけに現はれ然も地絡相に依つて特有な位置がある。依つて  $[Y_{ij}^P]$  中の対角元素の何れの二つに  $Y^P$  があるかを見ることによつても地絡相が何れの2箇であるかを知ることが出来る訳である。是等の性質は1線地絡事故の場合と全く同じである。

尙前節に於いて述べた事を考え併せると1線地絡の場合の対称分地絡枝 Admittance と2線地絡の場合の対称分地絡枝 Admittance とは夫々特有な形を持つて居るから対称分地

絡枝 Admittance 従つて或いは地絡枝 Admittance の形を観ることに依つて1線地絡か2線地絡か或いは3線地絡かを弁別することが出来る。

扱て (3.1) 式を解くに (2.12) 式と同様に

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} [V_{al}^S] \\ [I_{al}^S] \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} [A^1] & [B^1] & [0] & [0] \\ [C^1] & [D^1] & [\mathfrak{V}_{bc}^P] & [0] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [A^2] & [B^2] \\ [C^2] & [D^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{al}^R] \\ [I_{al}^R] \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} [A^1] & [B^1] \\ [C^1] & [D^1] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [A^2] & [B^2] \\ [C^2] & [D^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{al}^R] \\ [I_{al}^R] \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} [B^1][\mathfrak{V}_{bc}^P][A^2] & [B^1][\mathfrak{V}_{bc}^P][B^2] \\ [D^1][\mathfrak{V}_{bc}^P][A^2] & [D^1][\mathfrak{V}_{bc}^P][B^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{al}^R] \\ [I_{al}^R] \end{bmatrix} \\ &\quad + \begin{bmatrix} [A^1][A^2]+[B^1][C^2] & [A^1][B^2]+[B^1][D^2] \\ [C^1][A^2]+[D^1][C^2] & [C^1][B^2]+[D^1][D^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{al}^R] \\ [I_{al}^R] \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} V_{\angle} \\ A_{\angle} \end{bmatrix} \quad (3.6) \end{aligned}$$

上式中辺と右辺とに於ける第2項は系統が健全なときの仿程である  
若し電源と負荷とが第2.2図の場合と同じ様に与えられて居るならば上式は

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} [E_{al}^S]-[\mathfrak{Z}^S][I_{al}^S] \\ [I_{al}^S] \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} ([B^1][\mathfrak{V}_{bc}^P][A^2][\mathfrak{Z}^R]+[B^1][\mathfrak{V}_{bc}^P][B^2])[I_{al}^R] \\ ([D^1][\mathfrak{V}_{bc}^P][A^2][\mathfrak{Z}^R]+[D^1][\mathfrak{V}_{bc}^P][B^2])[I_{al}^R] \end{bmatrix} \\ &\quad + \begin{bmatrix} \{([A^1][A^2]+[B^1][C^2])[\mathfrak{Z}^R]+([A^1][B^2]+[B^1][D^2])\}[I_{al}^R] \\ \{([C^1][A^2]+[D^1][C^2])[\mathfrak{Z}^R]+([C^1][B^2]+[D^1][D^2])\}[I_{al}^R] \end{bmatrix} \\ &\quad \begin{bmatrix} V_{\angle} \\ A_{\angle} \end{bmatrix} \quad (3.7) \end{aligned}$$

上式から

$$\begin{aligned} [E_{al}^S] &= [\mathfrak{Z}^S] \{ ([D^1][\mathfrak{V}_{bc}^P][A^2][\mathfrak{Z}^R]+[D^1][\mathfrak{V}_{bc}^P][B^2]) + \{ ([C^1][A^2]+[D^1][C^2])[\mathfrak{Z}^R] \\ &\quad + ([C^1][B^2]+[D^1][D^2]) \} \} [I_{al}^R] + ([B^1][\mathfrak{V}_{bc}^P][A^2][\mathfrak{Z}^R]+[B^1][\mathfrak{V}_{bc}^P][B^2]) \\ &\quad + \{ ([A^1][A^2]+[B^1][C^2])[\mathfrak{Z}^R]+([A^1][B^2]+[B^1][D^2]) \} [I_{al}^R] \\ &= ([\mathfrak{Z}^S][D^1]+[B^1][\mathfrak{V}_{bc}^P])([A^2][\mathfrak{Z}^R]+[B^2]) \\ &\quad + \{ ([\mathfrak{Z}^S][C^1]+[A^1])([A^2][\mathfrak{Z}^R]+[B^2]) + ([\mathfrak{Z}^S][D^1]+[B^1])([C^2][\mathfrak{Z}^R]+[D^2]) \} [I_{al}^R] \\ &\quad V_{\angle} \quad (3.8) \end{aligned}$$

依つて受電端に於けるα線電流  $[I_{al}^R]$  は

$$\begin{aligned} [I_{al}^R] &= ([\mathfrak{Z}^S][D^1]+[B^1][\mathfrak{V}_{bc}^P])([A^2][\mathfrak{Z}^R]+[B^2]) \\ &\quad + \{ ([\mathfrak{Z}^S][C^1]+[A^1])([A^2][\mathfrak{Z}^R]+[B^2]) + ([\mathfrak{Z}^S][D^1]+[B^1])([C^2][\mathfrak{Z}^R]+[D^2]) \}^{-1} [E_{al}^S] \\ &\quad A_{\angle} \quad (3.9) \end{aligned}$$

となる。上式により線路上の電位及び電流の分布は次の様にして求められる。

受電端々の電位は

$$[V_{ai}^R] = [\mathcal{Z}^R][I_{ai}^R] \quad V_{\angle} \quad (3.10)$$

地絡故障点  $[P_i]$  に於いては

$$\begin{bmatrix} [V_{ai}^R] \\ [I_{ai}^R] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [A^2] & [B^2] \\ [C^2] & [D^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{ai}^R] \\ [I_{ai}^R] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ([A^2][\mathcal{Z}^R] + [B^2])[I_{ai}^R] \\ ([C^2][\mathcal{Z}^R] + [D^2])[I_{ai}^R] \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} V_{\angle} \\ A_{\angle} \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

依つて地絡電流  $[I_{ai}^R]$  は

$$[I_{ai}^R] = [\mathcal{Y}_{bc}^P][V_{ai}^R] = [\mathcal{Y}_{bc}^P]([A^2][\mathcal{Z}^R] + [B^2])[I_{ai}^R] \quad A_{\angle} \quad (3.12)$$

即ち地絡電流は

$$[I_{ai}^R] = \frac{1}{s} Y^P \begin{bmatrix} 2V_{a0}^P - V_{a1}^P - V_{a2}^P \\ -V_{a0}^P + 2V_{a1}^P - V_{a2}^P \\ -V_{a0}^P - V_{a1}^P - 2V_{a2}^P \end{bmatrix} \quad V_{\angle}$$

となつて健全な  $a$  線の地絡電流は零となる。是は当然である。

電源側から  $[P_i]$  点に流入し來たる線電流  $[I_{ai}^R]$  は

$$[I_{ai}^R] = [I_{ai}^R] + [I_{a'}^R] = [\mathcal{Y}_{bc}^P]([A^2][\mathcal{Z}^R] + [B^2]) + ([C^2][\mathcal{Z}^R] + [D^2])[I_{ai}^R] \quad A_{\angle} \quad (3.13)$$

送電端に於いては

$$\begin{bmatrix} [V_{ai}^S] \\ [I_{ai}^S] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [A^1] & [B^1] \\ [C^1] & [D^1] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{ai}^R] \\ [I_{ai}^R] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \{([A^1] + [B^1][\mathcal{Y}_{bc}^P])([A^2][\mathcal{Z}^R] + [B^2]) + [B^1]([C^2][\mathcal{Z}^R] \\ + [D^2])\}[I_{ai}^R] \\ \{([C^1] + [D^1][\mathcal{Y}_{bc}^P])([A^2][\mathcal{Z}^R] + [B^2]) + [D^1]([C^2][\mathcal{Z}^R] \\ + [D^2])\}[I_{ai}^R] \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} V_{\angle} \\ A_{\angle} \end{bmatrix} \quad (3.14)$$

となる。是等の諸式は1線地絡の場合と全く同形である。

完全地絡故障の場合には接地 Admittance  $Y^P$  を無限大とすればよく又系統が健全な場合には  $Y^P$  を零とすればよい。

若し  $[P_i]$  点に於いて  $b$  及び  $c$  線の代りに  $a$  及び  $b$  線が地絡されて居るのであれば (3.9) 乃至 (3.14) 式に於いて  $[\mathcal{Y}_{bc}^P]$  の代りに  $[\mathcal{Y}_{ba}^P]$  を、又  $a$  及び  $b$  線に地絡故障があるのであれば  $[\mathcal{Y}_{bc}^P]$  の代りに  $[\mathcal{Y}_{ab}^P]$  を用うればよい。

又若し受電端  $[R_i]$  に於いて  $b$  及び  $c$  線が地絡されて居るならば系統の仿程は

$$\begin{bmatrix} [V_{ai}^S] \\ [I_{ai}^S] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [A^1] & [B^1] \\ [C^1] & [D^1] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [A^2] & [B^2] \\ [C^2] & [D^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [U] & [0] \\ [\mathcal{Y}_{bc}^P] & [U] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{ai}^R] \\ [I_{ai}^R] \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} V_{\angle} \\ A_{\angle} \end{bmatrix} \quad (3.15)$$

なる式で表されることになるし送電端  $[S_i]$  に於いて  $b$  及び  $c$  線が地絡されて居るのであれば系統の仿程は

$$\begin{bmatrix} [V_{ai}^S] \\ [I_{ai}^S] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [U] & [0] \\ [\mathcal{Y}_{bc}^P] & [U] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [A^1] & [B^1] \\ [C^1] & [D^1] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [A^2] & [B^2] \\ [C^2] & [D^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{ai}^R] \\ [I_{ai}^R] \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} V_{\angle} \\ A_{\angle} \end{bmatrix} \quad (3.16)$$

なる式で表される。2線地絡事故の場合にも1線地絡事故の場合と同様に接地故障Matrix [P]

$$[P] = \begin{bmatrix} [U] & [0] \\ [\mathbb{V}_{bc}^P] & [U] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{数值}\angle & \Omega\angle \\ U\angle & \text{数值}\angle \end{bmatrix} \quad (3.17)$$

の位置によつて故障点を判定することが出来るのである。

尙最後に附言しなければならないことは2線地絡故障の場合故障の性質上一即ち1線地絡事故が発生すると同時に健全な2線の電位が上昇し其の爲に健全な線にも地絡を生ずることとも言ふこと—地絡点が必要しも1箇所無く2箇所となることも起り得ると云うことである。例えば故障点[P<sub>d</sub>]に於いてはa線が接地 Admittance  $Y_a^P$  ( $U\angle$ ) を通して地絡され更に故障点 [Q<sub>d</sub>] 点に於いてb線が地絡 Admittance  $Y_b^P$  ( $U\angle$ ) を通して地絡されと言う様な場合がある。此の場合には系統の仿程は

$$\begin{bmatrix} [V_{ad}^R] \\ [I_{ad}^R] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [A^1] & [B^1] \\ [C^1] & [D^1] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [U] & [0] \\ [\mathbb{V}_{ad}^P] & [U] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [A^2] & [B^2] \\ [C^2] & [D^2] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [U] & [0] \\ [\mathbb{V}_b^P] & [U] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [A^3] & [B^3] \\ [C^3] & [D^3] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{ad}^R] \\ [I_{ad}^R] \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V\angle \\ A\angle \end{bmatrix} \quad (3.18)$$

なる式で表されることになる。但し上式右辺に於いて第1 Matrix は送電端から故障点 [P<sub>d</sub>] に至る線路区間の仿程Matrixであつて第3 Matrixは故障点 [P<sub>d</sub>] から故障点 [Q<sub>d</sub>] に至る線路区間の仿程而して第5 Matrix は故障点 [Q<sub>d</sub>] から受電端に至る線路区間の仿程Matrixである。

(3.18) 式は可なり複雑であるが計算の手数さえいとわなければ是を解く上に困難を感じることは無い。然るに従來の対称座標法に依つては斯の如く複雑な事故を解析することは殆んど不可能であらう。

[3.1] 故障点 [P<sub>d</sub>] に於いてb及びcの2線が接地 Admittance  $Y^P$  を通して地絡されて居る場合には地絡枝相間に矢張り相互 Admittanceが無いと考へて故障点から地絡枝を眺めた対称分 Admittance は

$$\begin{bmatrix} Y_{a0}^P \\ Y_{b0}^P \\ Y_{c0}^P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{a1}^P \\ Y_{b1}^P \\ Y_{c1}^P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{a2}^P \\ Y_{b2}^P \\ Y_{c2}^P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ Y^P \\ Y^P \end{bmatrix} \quad U\angle$$

依つて地絡枝の対称分 Admittance の対称分は

$$\begin{bmatrix} Y_{00}^P \\ Y_{01}^P \\ Y_{02}^P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{10}^P \\ Y_{11}^P \\ Y_{12}^P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{20}^P \\ Y_{21}^P \\ Y_{22}^P \end{bmatrix} = \frac{1}{3} Y^P \begin{bmatrix} 2 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix} \quad U\angle$$

故に対称分地絡枝 Admittance  $[\mathbb{V}_{bc}^P]$  は

$$[\mathbb{V}_{bc}^P] = \begin{bmatrix} Y_{00}^P & Y_{12}^P & Y_{21}^P \\ Y_{01}^P & Y_{10}^P & Y_{22}^P \\ Y_{02}^P & Y_{11}^P & Y_{20}^P \end{bmatrix} = \frac{1}{3} Y^P \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \quad U\angle$$

一般的に  $b$  及び  $c$  線が夫々接地 Admittance  $Y_b^P$  及び  $Y_c^P$  ( $\bar{U}\angle$ ) を通して地絡されて居る場合を考えると対称分地絡枝 Admittance  $[\mathfrak{Y}_{bc}^P]$  は

$$[\mathfrak{Y}_{bc}^P] = [C]^{-1} [Y_{bc}^P] [C] = [C]^{-1} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & Y_b^P & 0 \\ 0 & 0 & Y_c^P \end{bmatrix} [C]$$

$$= \frac{1}{3} \begin{bmatrix} Y_b^P + Y_c^P & \gamma(Y_b^P + \gamma^2 Y_c^P) & \gamma(Y_b^P + \gamma Y_c^P) \\ \gamma(Y_b^P + \gamma Y_c^P) & Y_b^P + Y_c^P & \gamma^2(Y_b^P + \gamma^2 Y_c^P) \\ \gamma^2(Y_b^P + \gamma^2 Y_c^P) & \gamma(Y_b^P + \gamma Y_c^P) & Y_b^P + Y_c^P \end{bmatrix} \quad \bar{U}\angle$$

となる。

又若し  $a$ ,  $b$  及び  $c$  の3線が共に接地 Admittance  $Y^P$  ( $\bar{U}\angle$ ) を通して地絡されて居る所の3線地絡故障の場合には対称分地絡枝 Admittance  $[\mathfrak{Y}_{abc}^P]$  は

$$[\mathfrak{Y}_{abc}^P] = [C]^{-1} [Y_{abc}^P] [C] = [C]^{-1} \begin{bmatrix} Y^P & 0 & 0 \\ 0 & Y^P & 0 \\ 0 & 0 & Y^P \end{bmatrix} [C]$$

$$= \frac{1}{3} Y^P \begin{bmatrix} 3 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{bmatrix} \quad \bar{U}\angle$$

3線地絡事故の場合で更に一般的に考え  $a$ ,  $b$  及び  $c$  線が夫々接地 Admittance  $Y_a^P$ ,  $Y_b^P$  及び  $Y_c^P$  を通して地絡されて居るとすれば対称分地絡枝 Admittance  $[\mathfrak{Y}_{abc}^P]$  は

$$[\mathfrak{Y}_{abc}^P] = [C]^{-1} [Y_{abc}^P] [C] = [C]^{-1} \begin{bmatrix} Y_a^P & 0 & 0 \\ 0 & Y_b^P & 0 \\ 0 & 0 & Y_c^P \end{bmatrix} [C]$$

$$= \frac{1}{3} \begin{bmatrix} Y_a^P + Y_b^P + Y_c^P & Y_a^P + \gamma^2 Y_b^P + \gamma^2 Y_c^P & Y_a^P + \gamma Y_b^P + \gamma^2 Y_c^P \\ Y_a^P + \gamma Y_b^P + \gamma^2 Y_c^P & Y_a^P + Y_b^P + Y_c^P & Y_a^P + \gamma^2 Y_b^P + \gamma^2 Y_c^P \\ Y_a^P + \gamma^2 Y_b^P + \gamma^2 Y_c^P & Y_a^P + \gamma Y_b^P + \gamma^2 Y_c^P & Y_a^P + Y_b^P + Y_c^P \end{bmatrix} \quad \bar{U}\angle$$

となる。

〔例3・1〕 前節〔例2・1〕の系統に於いて受電端で  $b$  及び  $c$  の両線に地絡故障が生じた場合の仿程を求める。

両線の地絡故障 Admittance を  $Y^P$  ( $\bar{U}\angle$ ) とし系統上の電位及び電流の分布を第2・3図の様に考える。線路のみの仿程 Matrix は



$$\begin{bmatrix} [A] & [B] \\ [C] & [D] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [U] + \frac{1}{2}[\mathcal{Z}][\mathcal{V}] & [\mathcal{Z}]\{[U] + \frac{1}{2}[\mathcal{V}][\mathcal{Z}]\} \\ [\mathcal{V}] & [U] + \frac{1}{2}[\mathcal{V}][\mathcal{Z}] \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \text{数値}_{\angle} & \Omega_{\angle} \\ \Omega_{\angle} & \text{数値}_{\angle} \end{bmatrix} \quad (1)$$

であるから受電端に於いて  $b$  及び  $c$  の 2 線に地絡故障が有る場合の系統の傍程は

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} [E_{al}^S] - [\mathcal{Z}^S][I_{al}^S] \\ [I_{al}^S] \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} [A] & [B] \\ [C] & [D] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [U] & [0] \\ [\mathcal{V}_{bc}^P] & [U] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [V_{al}^R] \\ [I_{al}^R] \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} [A] + [B][\mathcal{V}_{bc}^P] & [B] \\ [C] + [D][\mathcal{V}_{bc}^P] & [D] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [\mathcal{Z}^R] & [I_{al}^R] \\ [I_{al}^R] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \{([A] + [B][\mathcal{V}_{bc}^P])[\mathcal{Z}^R] + [B]\}[I_{al}^R] \\ \{([C] + [D][\mathcal{V}_{bc}^P])[\mathcal{Z}^R] + [D]\}[I_{al}^R] \end{bmatrix} \\ &\quad \begin{bmatrix} V_{\angle} \\ \Lambda_{\angle} \end{bmatrix} \quad (2) \end{aligned}$$

依つて

$$\begin{aligned} [E_{al}^S] &= [\mathcal{Z}^S]\{([C] + [D][\mathcal{V}_{bc}^P])[\mathcal{Z}^R] + [D]\}[I_{al}^R] + \{([A] + [B][\mathcal{V}_{bc}^P])[\mathcal{Z}^R] + [B]\}[I_{al}^R] \\ &= \{([\mathcal{Z}^S][D] + [B])[\mathcal{V}_{bc}^P][\mathcal{Z}^R] + \{([\mathcal{Z}^S][D] + [B]) + ([\mathcal{Z}^S][C] + [A])[\mathcal{Z}^R]\}\}[I_{al}^R] \\ &\quad V_{\angle} \quad (3) \end{aligned}$$

簡単のために

$$\begin{aligned} [S] &= [\mathcal{Z}^S][D] + [B] & \Omega_{\angle} \\ [T] &= [\mathcal{Z}^S][C] + [A] & \text{数値}_{\angle} \end{aligned} \quad (4)$$

と置く。 $[\mathcal{Z}^S]$ ,  $[A]$ ,  $[B]$ ,  $[C]$  及び  $[D]$  は皆対角Matrix であるから  $[S]$  及び  $[T]$  も共に対角Matrix である。従つて

$$\begin{aligned} [S] &= [\delta_{io} S_{ij}] & \Omega_{\angle} \\ [T] &= [T_{io} \delta_{ij}] & \text{数値}_{\angle} \end{aligned} \quad (5)$$

と置くことが出来る。 $[S]$  及び  $[T]$  を計算すると

$$\begin{aligned} [S] &= \begin{bmatrix} S_{00} & 0 & 0 \\ 0 & S_{10} & 0 \\ 0 & 0 & S_{20} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} Z_{00}^S(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00}) + Z_{00}(1 + \frac{1}{4}Y_{00}Z_{00}) & 0 \\ 0 & Z_{10}^S(1 + \frac{1}{2}Y_{10}Z_{10}) + Z_{10}(1 + \frac{1}{4}Y_{10}Z_{10}) \\ 0 & 0 & Z_{20}^S(1 + \frac{1}{2}Y_{20}Z_{20}) + Z_{20}(1 + \frac{1}{4}Y_{20}Z_{20}) \end{bmatrix} \Omega_{\angle} \end{aligned}$$

$$[T] = \begin{bmatrix} T_{00} & 0 & 0 \\ 0 & T_{10} & 0 \\ 0 & 0 & T_{20} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 + (Z_{00}^S + \frac{1}{2}Z_{00})Y_{00} & 0 & 0 \\ 0 & 1 + (Z_{10}^S + \frac{1}{2}Z_{10})Y_{10} & 0 \\ 0 & 0 & 1 + (Z_{20}^S + \frac{1}{2}Z_{20})Y_{20} \end{bmatrix} \quad \text{数値} \angle \quad (6)$$

[S] 及び [T] は前節 [例2.1] に於ける [S] 及び [T] と夫々同じものである。

依つて(3)式は

$$\begin{bmatrix} 0 \\ \mathbf{E}_{\alpha l}^S \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{2}{3}Y^P S_{00}Z_{00}^R + (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R) & -\frac{1}{3}Y^P S_{00}Z_{10}^R \\ -\frac{1}{3}Y^P S_{10}Z_{00}^R & \frac{2}{3}Y^P S_{10}Z_{10}^R + (S_{10} + T_{10}Z_{10}^R) \\ -\frac{1}{3}Y^P S_{20}Z_{00}^R & -\frac{1}{3}Y^P S_{20}Z_{10}^R \\ -\frac{1}{3}Y^P S_{00}Z_{20}^R \\ -\frac{1}{3}Y^P S_{10}Z_{20}^R \\ \frac{2}{3}Y^P S_{20}Z_{20}^R + (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{\alpha 0}^R \\ I_{\alpha 1}^R \\ I_{\alpha 2}^R \end{bmatrix} \quad V \angle \quad (7)$$

依つて負荷の線電流は

$$\begin{bmatrix} I_{\alpha 0}^R \\ I_{\alpha 1}^R \\ I_{\alpha 2}^R \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} \frac{1}{3}(Y^P)^2 S_{10}S_{20}Z_{10}^R Z_{20}^R + \frac{2}{3}Y^P [(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)S_{20}Z_{20}^R + (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{10}Z_{10}^R] \\ + (S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R) \\ \frac{1}{3}(Y^P)^2 S_{10}S_{20}Z_{20}^R Z_{00}^R + \frac{1}{3}Y^P (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{10}Z_{00}^R \\ \frac{1}{3}(Y^P)^2 S_{10}S_{20}Z_{00}^R Z_{10}^R + \frac{1}{3}Y^P (S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)S_{20}Z_{00}^R \\ \frac{1}{3}(Y^P)^2 S_{20}S_{00}Z_{10}^R Z_{20}^R + \frac{1}{3}Y^P (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{10}^R \\ \frac{1}{3}(Y^P)^2 S_{20}S_{00}Z_{20}^R Z_{00}^R + \frac{2}{3}Y^P [(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R + (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{20}^R] \\ + (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R) \\ \frac{1}{3}(Y^P)^2 S_{20}S_{00}Z_{00}^R Z_{10}^R + \frac{1}{3}Y^P (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{10}^R \\ \frac{1}{3}(Y^P)^2 S_{00}S_{10}Z_{10}^R Z_{20}^R + \frac{1}{3}Y^P (S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)S_{00}Z_{20}^R \\ \frac{1}{3}(Y^P)^2 S_{00}S_{10}Z_{20}^R Z_{00}^R + \frac{1}{3}Y^P (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{10}Z_{20}^R \\ \frac{1}{3}(Y^P)^2 S_{00}S_{10}Z_{00}^R Z_{10}^R + \frac{2}{3}Y^P [(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{10}Z_{10}^R \\ + (S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)S_{00}Z_{00}^R] + (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R) \end{bmatrix}$$

$$\cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \mathbf{E}_{\alpha l}^S \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$= \frac{\mathbf{E}_{a1}^S}{\Delta} \begin{bmatrix} \frac{1}{3}(Y^P)^2 S_{20} S_{00} Z_{10}^R Z_{20}^R + \frac{1}{3} Y^P (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{10}^R \\ \frac{1}{3}(Y^P)^2 S_{20} S_{00} Z_{20}^R Z_{40}^R + \frac{2}{3} Y^P [(S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{40}^R + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{20}^R] \\ + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) \\ \frac{1}{3}(Y^P)^2 S_{20} S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R + \frac{1}{3} Y^P (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{10}^R \end{bmatrix} \Lambda_{\angle}$$

$$\begin{aligned} \text{但し } \Delta = & (\frac{1}{3} Y^P)^2 [(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{10} S_{20} Z_{10}^R Z_{10}^R + (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) S_{20} S_{00} Z_{20}^R Z_{20}^R \\ & + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} S_{10} Z_{10}^R Z_{20}^R] \\ & + \frac{2}{3} Y^P [(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) S_{20} Z_{20}^R + (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) (S_{20} \\ & + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{20}^R + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{10} Z_{10}^R] \\ & + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) \quad \Omega^3_{\angle} \quad (8) \end{aligned}$$

受電端々子電位は

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} V_{a0}^R \\ V_{a1}^R \\ V_{a2}^R \end{bmatrix} &= [\mathbf{Z}^R] [\mathbf{I}_{a1}^R] \\ &= \frac{\mathbf{E}_{a1}^S}{\Delta} \begin{bmatrix} \frac{1}{3}(Y^P)^2 S_{20} S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R + \frac{1}{3} Y^P (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R \\ \frac{1}{3}(Y^P)^2 S_{20} S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R + \frac{2}{3} Y^P [(S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R \\ + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{10}^R Z_{20}^R] + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) Z_{10}^R \\ \frac{1}{3}(Y^P)^2 S_{20} S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R + \frac{1}{3} Y^P (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$V_{\angle} \quad (9)$

従つて健全相の端子  $R_a$  の電位  $V_a^R$  は

$$\begin{aligned} V_a^R &= [(Y^P)^2 S_{20} S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R + Y^P \{(S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{10}^R Z_{20}^R\} \\ &+ (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) Z_{10}^R] \frac{\mathbf{E}_{a1}^S}{\Delta} \\ V_b^R &= [\frac{1}{3} Y^P \gamma^{-1} \{(2 + \gamma^{-2}) (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R + (2 + \gamma^{-1}) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{10}^R Z_{20}^R\} \\ &+ \gamma^{-1} (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) Z_{10}^R] \frac{\mathbf{E}_{a1}^S}{\Delta} \\ V_c^R &= [\frac{1}{3} Y^P \gamma^{-2} \{(2 + \gamma^{-2 \cdot 2}) (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R + (2 + \gamma^{-2}) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{10}^R Z_{20}^R\} \\ &+ \gamma^{-2} (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) Z_{10}^R] \frac{\mathbf{E}_{a1}^S}{\Delta} \end{aligned}$$

$V_{\angle}$

となる。従つて地絡されて居る端子  $R_b$  と  $R_c$  との電位は接地 Admittance  $Y^P$  が大きい程零に近づく。

地絡故障線電流は

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^P \\ I_{a1}^P \\ I_{a2}^P \end{bmatrix} = [\mathbf{Y}_{bc}^P] [V_{a1}^R]$$

$$= \frac{E_{a1}^S}{\Delta} \begin{bmatrix} -[\frac{1}{3}(Y^P)^2(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{10}^RZ_{20}^R + \frac{1}{3}Y^P(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)Z_{10}^R] \\ \frac{1}{3}(Y^P)^2[(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^RZ_{10}^R + (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{10}^RZ_{20}^R] \\ + \frac{1}{3}Y^P(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)Z_{10}^R \\ -[\frac{1}{3}(Y^P)^2(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^RZ_{10}^R + \frac{1}{3}Y^P(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)Z_{10}^R] \end{bmatrix} \quad A \angle \quad (10)$$

従つて  $a$ ,  $b$  及び  $c$  相の地絡線電流は

$$\begin{aligned} I_a^P &= 0 \\ I_b^P &= [\frac{1}{3}(Y^P)^2\gamma^{-1}\{(1-\gamma^{-1})(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^RZ_{10}^R + (1-\gamma^{-2})(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{10}^RZ_{20}^R\} \\ &\quad + \frac{1}{3}Y^P\gamma^{-1}(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)Z_{10}^R] \frac{E_{a1}^S}{\Delta} \\ I_c^P &= [\frac{1}{3}(Y^P)^2\gamma^{-2}\{(1-\gamma^{-2})(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^RZ_{10}^R + (1-\gamma^{-2\cdot 2})(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{10}^RZ_{20}^R\} \\ &\quad + \frac{1}{3}Y^P\gamma^{-2}(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)Z_{10}^R] \frac{E_{a1}^S}{\Delta} \quad A \angle \end{aligned}$$

となり健全線の地絡電流は零である。

電源から地絡故障点  $[P]$  に向つて流入し來たる線電流は

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} I_{a0}^Z \\ I_{a1}^Z \\ I_{a2}^Z \end{bmatrix} &= [I_{a2}^R] + [I_{a1}^P] \\ &= \frac{E_{a1}^S}{\Delta} \begin{bmatrix} -[\frac{1}{3}(Y^P)^2S_{20}T_{00}Z_{00}^RZ_{10}^RZ_{20}^R + \frac{1}{3}Y^P(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)T_{00}Z_{00}^RZ_{10}^R] \\ \frac{1}{3}(Y^P)^2[S_{20}S_{00}Z_{20}^RZ_{00}^R + (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^RZ_{10}^R + (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{10}^RZ_{20}^R] \\ + \frac{1}{3}Y^P[(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R + (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{20}^R \\ + (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)Z_{10}^R] + (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R) \\ -[\frac{1}{3}(Y^P)^2S_{00}T_{20}Z_{00}^RZ_{10}^RZ_{20}^R + \frac{1}{3}Y^P(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)T_{20}Z_{10}^RZ_{20}^R] \end{bmatrix} \quad A \angle \quad (11) \end{aligned}$$

並列 Admittance  $[Y]$  が接続されて居る点  $[A_i]$  の電位は

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} V_{a0}^A \\ V_{a1}^A \\ V_{a2}^A \end{bmatrix} &= [V_{a1}^R] + \frac{1}{2}[Z][I_{a1}^Z] \\ &= \frac{E_{a1}^S}{\Delta} \begin{bmatrix} \frac{1}{3}(Y^P)^2S_{20}(S_{00} - \frac{1}{2}T_{00}Z_{00})Z_{00}^RZ_{10}^RZ_{20}^R + \frac{1}{3}Y^P(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + \frac{1}{2}T_{00}Z_{00})Z_{00}^RZ_{10}^R \\ \frac{1}{3}(Y^P)^2[S_{20}S_{00}Z_{20}^RZ_{00}^R(Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10}) + \frac{1}{2}(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^RZ_{10}^RZ_{20}^R \\ + \frac{1}{2}(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{10}^RZ_{20}^RZ_{10}^R] + \frac{1}{3}Y^P[(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R(Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10}) \\ + (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{20}^R(Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10}) + \frac{1}{2}(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R) \\ \cdot (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)Z_{10}^RZ_{20}^R] + (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)(Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10}) \\ \frac{1}{3}(Y^P)^2S_{00}(S_{00} - \frac{1}{2}T_{20}Z_{20})Z_{00}^RZ_{10}^RZ_{20}^R + \frac{1}{3}Y^P(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)(S_{20} - \frac{1}{2}T_{20}Z_{20}) \\ \cdot Z_{10}^RZ_{20}^R \end{bmatrix} \quad V \angle \quad (12) \end{aligned}$$

並列 Admittance に流入する線電流は

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^A \\ I_{a1}^A \\ I_{a2}^A \end{bmatrix} = [\mathcal{Y}][V_a^A] + \frac{E_{a1}^S}{\Delta} \begin{bmatrix} \frac{1}{3}(Y^P)^2 S_{20}(S_{00} - \frac{1}{2}T_{00}Z_{00})Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R Y_{00} + \frac{1}{3}Y^P(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} - \frac{1}{2}T_{00}Z_{00}) \\ \cdot Z_{00}^R Z_{10}^R Y_{00} \\ \frac{1}{3}(Y^P)^2 [S_{20}S_{00}Z_{20}^R Z_{00}^R(Z_{20}^R + \frac{1}{2}Z_{10})Y_{10} + \frac{1}{2}(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{10}Y_{10} + \frac{1}{2}(S_{00} \\ + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{10}^R Z_{20}^R Y_{10} + \frac{2}{3}Y^P[(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R(Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10})Y_{10} \\ + (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{20}^R(Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10})Y_{10} \\ + \frac{1}{2}(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)Z_{10}^R Z_{10}Y_{10} \\ + (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)(Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10})Y_{10} \\ \frac{1}{3}(Y^P)^2 S_{00}(S_{20} + \frac{1}{2}T_{20}Z_{20})Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R Y_{20} \\ + \frac{1}{3}Y^P(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)(S_{20} + \frac{1}{2}T_{20}Z_{20})Z_{10}^R Z_{20}^R Y_{20} \end{bmatrix} \quad \Lambda \angle \quad (13)$$

電源から流出する線電流は

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^S \\ I_{a1}^S \\ I_{a2}^S \end{bmatrix} = [I_a^z] + [I_a^A] = \frac{E_{a1}^S}{\Delta} \begin{bmatrix} -[\frac{1}{3}(Y^P)^2 S_{20}Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R + \frac{1}{3}Y^P(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)Z_{00}^R Z_{10}^R] \\ \frac{1}{3}(Y^P)^2 [S_{20}S_{00}Z_{20}^R Z_{00}^R \{Z_{10}^R Y_{10} + (1 + \frac{1}{2}Z_{10}Y_{10})\} + (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R Z_{10}^R \\ \cdot (1 + \frac{1}{2}Z_{10}Y_{10}) + (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{10}^R Z_{20}^R (1 + \frac{1}{2}Z_{10}Y_{10})] + \frac{2}{3}Y^P[(S_{20} \\ + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R \{Z_{10}^R Y_{10} + (1 + \frac{1}{2}Z_{10}Y_{10})\} + (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{20}^R \\ \cdot \{Z_{10}^R Y_{10} + (1 + \frac{1}{2}Z_{10}Y_{10})\} + (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)Z_{10}^R \\ \cdot (1 + \frac{1}{2}Z_{10}Y_{10})] + (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)[Z_{10}^R Y_{10} \\ + (1 + \frac{1}{2}Z_{10}Y_{10})] \\ -[\frac{1}{3}(Y^P)^2 S_{00}Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R + \frac{1}{3}Y^P(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)Z_{10}^R Z_{20}^R] \end{bmatrix} \quad \Lambda \angle \quad (14)$$

電源端子電位は

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^S \\ V_{a1}^S \\ V_{a2}^S \end{bmatrix} = [V_a^A] + \frac{1}{2}[\mathcal{Z}][I_a^S]$$

$$= \frac{E_{a1}^S}{\Delta} \left[ \begin{aligned} & \left[ \frac{1}{3} (Y^P)^2 S_{20} Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R + \frac{1}{3} Y^P (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) Z_{00}^R Z_{10}^R \right] [S_{00} (1 + \frac{1}{2} Z_{00} Y_{00}) \\ & \quad - T_{00} (1 + \frac{1}{2} Z_{00} Y_{00}) Z_{00}] \\ & \frac{1}{3} (Y^P)^2 [S_{20} S_{00} Z_{20}^R Z_{00}^R \{ Z_{10}^R (1 + \frac{1}{2} Z_{10} Y_{10}) + (1 + \frac{1}{2} Z_{10} Y_{10}) Z_{10} \} \\ & \quad + \{ (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{10}^R Z_{20}^R \} (1 + \frac{1}{2} Z_{10} Y_{10}) Z_{10} ] \\ & \quad + \frac{2}{3} Y^P \{ (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{10}^R \} (Z_{10}^R (1 + \frac{1}{2} Z_{10} Y_{10}) \\ & \quad + (1 + \frac{1}{2} Z_{10} Y_{10}) Z_{10}) + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) Z_{10}^R \\ & \quad \cdot (1 + \frac{1}{2} Z_{10} Y_{10}) Z_{10} ] + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) [Z_{10}^R (1 + \frac{1}{2} Z_{10} Y_{10}) \\ & \quad + (1 + \frac{1}{2} Z_{10} Y_{10}) Z_{10}] \\ & \left[ \frac{1}{3} (Y^P)^2 S_{20} Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R + \frac{1}{3} Y^P (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) Z_{10}^R Z_{20}^R \right] [S_{20} (1 + \frac{1}{2} Z_{20} Y_{20}) \\ & \quad - T_{20} (1 + \frac{1}{2} Z_{20} Y_{20}) Z_{20}] \end{aligned} \right] \quad V_{\angle} \quad (15)$$

電源中性点  $V_N^S$  及び負荷中性点の電位  $V_N^R$  は

$$\begin{aligned} V_N^S &= -3Z_N^S I_{a0}^S + \frac{1}{\Delta} Z_N^S [(Y^P)^2 S_{20} Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R + Y^P (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) Z_{00}^R Z_{10}^R] E_{a1}^S \\ V_N^R &= 3Z_N^R I_{a0}^R = \frac{1}{\Delta} Z_N^R [(Y^P)^2 S_{20} S_{00} Z_{10}^R Z_{20}^R + Y^P (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{10}^R] E_{a1}^S \end{aligned} \quad V_{\angle} \quad (16)$$

となる。

若し地絡点  $[R_d]$  に於いて  $b$  及び  $c$  の両線が完全地絡となつて居るならば  $Y^P$  は無限大となり(8式)以下は

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} &= \frac{E_{a1}^S}{\Delta'} \begin{bmatrix} S_{20} & S_{00} & Z_{10}^R & Z_{20}^R \\ S_{20} & S_{00} & Z_{20}^R & Z_{10}^R \\ S_{20} & S_{00} & Z_{00}^R & Z_{10}^R \end{bmatrix} \quad A_{\angle} \\ \text{但し } \Delta' &= (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{10} Z_{20}^R Z_{10}^R Z_{20}^R + (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) S_{20} S_{00} Z_{20}^R \\ &\quad + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} S_{10} Z_{00}^R Z_{10}^R \quad \Omega^5_{\angle} \quad (17) \end{aligned}$$

負荷が同期機械の様なものであれば  $Z_{10}^R > Z_{20}^R$  である。従つて  $I_{a2}^R > I_{a1}^R$  となり負荷回転機は2線完全地絡事故発生と同時に逆回転を始めることになる。故障相  $b$  と  $c$  との線電流  $I_b^R$  と  $I_c^R$  とは共に零となる是は当然である。

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} V_{a0}^R \\ V_{a1}^R \\ V_{a2}^R \end{bmatrix} &= \frac{E_{a1}^S}{\Delta'} \begin{bmatrix} S_{20} S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R \\ " \\ " \end{bmatrix} \quad V_{\angle} \quad (18) \end{aligned}$$

故障点  $[P_d]$  に於ける  $a$  相端子電位の3対称分は相等しい。従つて直接に接地された端子  $R_b$  と  $R_c$  との電位は共に零になる。

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} I_{a0}^P \\ I_{a1}^P \\ I_{a2}^P \end{bmatrix} &= \frac{E_{a1}^S}{\Delta'} \begin{bmatrix} -(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{10}^R Z_{20}^R \\ (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{10}^R Z_{20}^R \\ -(S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R \end{bmatrix} \quad A_{\angle} \quad (19) \end{aligned}$$

従つて  $a$ ,  $b$  及び  $c$  相の地絡電流は

$$\begin{aligned} I_a^p &= 0 \\ I_b^p &= \gamma^{-1} \{ (1 - \gamma^{-1}) (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R + (1 - \gamma^{-2}) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{10}^R Z_{20}^R \} \frac{E_{a1}^s}{\Delta'} \\ I_c^p &= \gamma^{-2} \{ (1 - \gamma^{-2}) (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R + (-\gamma^{-2}) (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{10}^R Z_{20}^R \} \frac{E_{a1}^s}{\Delta'} \end{aligned}$$

$A_{\angle}$

健全な  $a$  相の地絡電流  $I_a^p$  は矢張り零であるが是は当然である。

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^Z \\ I_{a1}^Z \\ I_{a2}^Z \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^s}{\Delta'} \begin{bmatrix} -S_{20} T_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R \\ S_{20} S_{00} Z_{20}^R Z_{00}^R + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{10}^R Z_{20}^R \\ -S_{00} T_{20} Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix}$$

$A_{\angle}$  (20)

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^A \\ V_{a1}^A \\ V_{a2}^A \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^s}{\Delta'} \begin{bmatrix} S_{20} (S_{00} - \frac{1}{2} T_{00} Z_{00}) Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R \\ S_{20} S_{00} Z_{20}^R Z_{00}^R (Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10}) + \frac{1}{2} \{ (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R \\ + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{10}^R Z_{20}^R \} Z_{10} \\ S_{00} (S_{20} - \frac{1}{2} T_{20} Z_{20}) Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix}$$

$A_{\angle}$  (21)

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^A \\ I_{a1}^A \\ I_{a2}^A \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^s}{\Delta'} \begin{bmatrix} S_{20} (S_{00} - \frac{1}{2} T_{00} Z_{00}) Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R Y_{00} \\ S_{20} S_{00} Z_{20}^R Z_{00}^R (Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10}) Y_{10} + \frac{1}{2} \{ (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R \\ + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{10}^R Z_{20}^R \} Z_{10} Y_{10} \\ S_{00} (S_{20} - \frac{1}{2} T_{20} Z_{20}) Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R Y_{20} \end{bmatrix}$$

$A_{\angle}$  (22)

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^S \\ I_{a1}^S \\ I_{a2}^S \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^s}{\Delta'} \begin{bmatrix} -S_{20} Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R \\ S_{20} S_{00} Z_{20}^R Z_{00}^R \{ Z_{10}^R Y_{10} + (1 + \frac{1}{2} Z_{10} Y_{10}) \} + \{ (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R \\ + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{10}^R Z_{20}^R \} (1 + \frac{1}{2} Z_{10} Y_{10}) \\ -S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R \end{bmatrix}$$

$A_{\angle}$  (23)

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^S \\ V_{a1}^S \\ V_{a2}^S \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^s}{\Delta'} \begin{bmatrix} S_{20} Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R \{ S_{00} (1 + \frac{1}{2} Z_{00} Y_{00}) - T_{00} (1 + \frac{1}{2} Z_{00} Y_{00}) Z_{00} \} \\ S_{20} S_{00} Z_{20}^R Z_{00}^R \{ Z_{10}^R (1 + \frac{1}{2} Z_{10} Y_{10}) + (1 + \frac{1}{2} Z_{10} Y_{10}) Z_{10} \} \\ + \{ (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{10}^R Z_{20}^R \} \\ \cdot (1 + \frac{1}{2} Z_{10} Y_{10}) Z_{10} \\ S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R \{ S_{20} (1 + \frac{1}{2} Z_{20} Y_{20}) - T_{20} (1 + \frac{1}{2} Z_{20} Y_{20}) Z_{20} \} \end{bmatrix}$$

$V_{\angle}$  (24)

となる。

電源中性点電位  $V_N^S$  及び負荷中性点電位  $V_N^R$  は

$$\begin{aligned} V_N^S &= \frac{3}{\Delta'} Z_N^S S_{20} Z_{00}^R Z_{10}^R Z_{20}^R E_{a1}^S \\ V_N^R &= \frac{3}{\Delta'} Z_N^R S_{20} S_{00} Z_{10}^R Z_{20}^R E_{a1}^S \end{aligned} \quad V_{\angle} \quad (25)$$

若し負荷のみの零相 Impedance の零相分  $Z_{a0}^R$  が負荷の中性点接地 Impedance  $Z_N^R$  に比して極めて小さいならば

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^R \\ V_{a1}^R \\ V_{a2}^R \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta'} \begin{bmatrix} 3Z_N^R S_{20} S_{00} Z_{10}^R Z_{20}^R \\ // \\ // \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_N^R \\ // \\ // \end{bmatrix} \quad V_{\angle}$$

即ち故障点である受電端々子の3対称分電位は皆負荷の中性点電位に略々等しいのである。

系統が健全である場合には  $Y^P=0$  であるから (8) 式以下は前節 [例2.1] と全く同じになる。

#### 第4節 消弧線輪

第2節 [例2.1] に於いて取扱つた完全対称3相系に於いて同例に同じく受電端で  $a$  線に完全地絡故障が起きたとすれば地絡故障電流は同例の (19) 式

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} I_{a0}^P \\ I_{a1}^P \\ I_{a2}^P \end{bmatrix} &= \frac{1}{\Delta'} \begin{bmatrix} (S_{10}+T_{10}Z_{10}^R)(S_{20}+T_{20}Z_{20}^R)Z_{00}^R & (S_{20}+T_{20}Z_{20}^R)(S_{00}+T_{00}Z_{00}^R)Z_{10}^R \\ // & // \\ // & // \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ E_{a1}^S \\ 0 \end{bmatrix} \\ &= \frac{E_{a1}^S}{\Delta'} \begin{bmatrix} (S_{20}+T_{20}Z_{20}^R)(S_{00}+T_{00}Z_{00}^R)Z_{10}^R \\ // \\ // \end{bmatrix} \quad \Lambda_{\angle} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{但し } \Delta' &= (S_{00}+T_{00}Z_{00}^R)(S_{10}+T_{10}Z_{10}^R)S_{20}Z_{20}^R + (S_{10}+T_{10}Z_{10}^R)(S_{20}+T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R \\ &\quad + (S_{20}+T_{20}Z_{20}^R)(S_{00}+T_{00}Z_{00}^R)S_{10}Z_{10}^R \quad \Omega^4 \angle \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} S_{00} \\ S_{10} \\ S_{20} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} Z_{00}^S(1+\frac{1}{2}Y_{00}Z_{00})+Z_{00}(1+\frac{1}{2}Y_{00}Z_{00}) \\ Z_{10}^S(1+\frac{1}{2}Y_{10}Z_{10})+Z_{10}(1+\frac{1}{2}Y_{10}Z_{10}) \\ Z_{20}^S(1+\frac{1}{2}Y_{20}Z_{20})+Z_{20}(1+\frac{1}{2}Y_{20}Z_{20}) \end{bmatrix} \quad \Omega_{\angle} \\ \begin{bmatrix} T_{00} \\ T_{10} \\ T_{20} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 1+(Z_{00}^S+\frac{1}{2}Z_{00})Y_{00} \\ 1+(Z_{10}^S+\frac{1}{2}Z_{10})Y_{10} \\ 1+(Z_{20}^S+\frac{1}{2}Z_{20})Y_{20} \end{bmatrix} \quad \text{数値} \angle \quad (4.1) \end{aligned}$$



で与えられる。今簡単のために電源の零相 Impedance の零相分  $Z_{00}^S$ , 線路の零相直列 Impedance の零相分  $Z_{00}$  及び負荷の零相 Impedance の零相分  $Z_{00}^R$  中に損失分が全然なく皆純粋な Reactance のみから成り又線路の零相直列 Admittance の零相分  $Y_{00}$  中にも損失分が皆無で純粋な Susceptance のみから成つて居るとすれば Reactance は皆誘導性であり Susceptance は容量性であるから是等は皆同符合を有する訳である。従つて  $Z_{00}^S$ ,  $Z_{00}$  及び  $Z_{00}^R$  並に  $Y_{00}$  を適当にとれば

$$S_{00} + T_{00}Z_{00}^R = [Z_{00}^S(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00}) + Z_{00}(1 + \frac{1}{2}Y_{00}Z_{00})] + [1 + (Z_{00}^S + \frac{1}{2}Z_{00})Y_{00}]Z_{00}^R = 0 \quad \Omega \angle \quad (4.2)$$

ならしめることが出来る。

然らば地絡電流は

$$[I_{a0}^P \ I_{a1}^P \ I_{a2}^P] = [0 \ 0 \ 0] \quad A \angle$$

となり直接接地をなされた端子  $P_a$  からであらうと或いは亦健全な端子  $b$  及び  $C$  からであらうと地絡枝を通して大地に流入する電流は皆零となつてしまう。換言すれば端子  $P_a$  が完全地絡となつて居るにも関らず地絡枝に関する限り見掛上は是が無いのと同じことになる。是1919年に Petersen 氏が発表された消弧線輪の原理である。

(4.2) 式は消弧条件と呼ばれて居るが其の意味を調べやう。扨て本節初めに述べた系統の損失分が皆無であると云う假定に従つて

$$\begin{aligned} [Z_{00}^S \ Z_{00} \ Z_{00}^R] &= j\omega [L_{00}^S \ L_{00} \ L_{00}^R] \quad \Omega \angle \\ [Y_{00}] &= j\omega [C_{00}] \quad \Omega \angle \end{aligned} \quad (4.3)$$

と置く。但し  $L_{00}^S$ ,  $L_{00}$  及び  $L_{00}^R$  は夫々電源, 線路及び負荷の零相 Inductance の零相分 (H) で  $C_{00}$  は線路の零相静電容量の零相分 (F) である。然らば

$$\begin{aligned} S_{00} + T_{00}Z_{00}^R &= [j\omega L_{00}^S(1 - \frac{1}{2}\omega^2 C_{00}L_{00}) + j\omega(1 + \frac{1}{2}\omega^2 C_{00}L_{00})L_{00}] + j\omega[1 - \omega^2(L_{00}^S + \frac{1}{2}L_{00})C_{00}]L_{00}^R \\ &= j\omega\{[(L_{00}^S + \frac{1}{2}L_{00}) + (\frac{1}{2}L_{00} + L_{00}^R)] - \omega^2(L_{00}^S + \frac{1}{2}L_{00})(\frac{1}{2}L_{00} + L_{00}^R)C_{00}\} \\ &= j\omega\{[(L_{00}^S + \frac{1}{2}L_{00}) + (\frac{1}{2}L_{00} + L_{00}^R)] [1 - \omega^2 \frac{(L_{00}^S + \frac{1}{2}L_{00})(\frac{1}{2}L_{00} + L_{00}^R)}{(L_{00}^S + \frac{1}{2}L_{00}) + (\frac{1}{2}L_{00} + L_{00}^R)} C_{00}]\} \quad \Omega \angle \end{aligned}$$

依つて

$$S_{00} + T_{00}Z_{00}^R = j\omega[(L_{00}^S + \frac{1}{2}L_{00}) + (\frac{1}{2}L_{00} + L_{00}^R)](1 - \omega^2 L_{00}C_{00}) \quad \Omega \angle$$

但し

$$L_{00} = \frac{(L_{00}^S + \frac{1}{2}L_{00})(\frac{1}{2}L_{00} + L_{00}^R)}{(L_{00}^S + \frac{1}{2}L_{00}) + (\frac{1}{2}L_{00} + L_{00}^R)} \quad H \quad (4.4)$$

上式に於いて一般には  $(L_{00}^S + \frac{1}{2}L_{00}) + (\frac{1}{2}L_{00} + L_{00}^R) \neq 0$  (H) であるから消弧条件  $S_{00} + T_{00}Z_{00}^R = 0$  が満足されるためには

$$1 - \omega^2 L_{00}C_{00} = 0 \quad \text{数値} \angle \quad (4.5)$$

なることが必要である。換言すれば消弧条件は並列 Admittance  $[Y]$  が接続された  $[A_i]$  点から眺めた系統の零相合成 Inductance の零相分  $L_{00}$  (H) — 是は  $[A_i]$  点から電源側を眺めたときの零相 Inductance の零相分即ち線路の零相並列 Inductance の零相分の半分  $\frac{1}{2}L_{00}$  (H) と電源の零相 Inductance の零相分  $L_{00}^S$  (H) とが直列に接続されたもの

$L_0 + \frac{1}{2}L_{00}$  (H) に[A] 点から負荷側を眺めたときの零相 Inductance の零相分即ち線路の零相直列 Inductance の半分と負荷の零相 Inductance の零相分  $L_{00}^R$  (H) とが直列に接続されたもの  $\frac{1}{2}L_0 + L_{00}^R$  (H) が並列に接続されて出来た合成 Inductance である—と線路の零相静電容量の零相分  $C_{00}$  (F) とが直列共振をなして居ると云うことになる。

尙実際の送電系統に於いては電源のみの零相 Inductance の零相分  $L_{000}^R$  (H) は電源の中性点接地 Inductance  $L_N$  (H) に比して非常に小さいから  $L_{000}^R \approx 3L_N$ , 又負荷のみの零相 Inductance の零相分  $L_{000}^R$  (H) は負荷の中性点接地 Inductance  $L_N$  (H) に比して非常に小さいから  $L_{000}^R \approx 3L_N$  である。而して線路の零相並列 Inductance の零相分は  $L_0$  (H) は  $L_N$  或いは  $L_N$  に比して非常に小さいから

$$L_{00} = 3 \frac{L_N^R L_N^R}{L_N + L_N^R} \quad \text{H}$$

となる。一方線路の電線  $a, b$  及び  $c$  の零相静電容量を夫々  $C_{a0}, C_{b0}$  及び  $C_{c0}$  (F) —  $C_{a0}, C_{b0}$  及び  $C_{c0}$  は夫々電線  $a, b$  及び  $c$  の対地容量であるが此の系統では線路が対称 3 相式であるから  $C_{a0} = C_{b0} = C_{c0}$  である—とすれば

$$C_{00} = \frac{1}{3}(C_{a0} + C_{b0} + C_{c0}) \quad \text{F}$$

依つて

$$S_{00} + T_{00} Z_{00}^R = 1 - \omega^2 \frac{L_N^R L_N^R}{L_N + L_N^R} (C_{a0} + C_{b0} + C_{c0}) = 0 \quad \text{数値}$$

即ち消弧条件は並列に接続された電源及び負荷の中性点接地 Inductance の合成と線路に於ける 3 電線の対地容量の和とが直列共振状態にあると云うことを意味するのである。電源中性点及び負荷中性点を接地する Inductance 線輪を消弧線輪と呼ぶ。

消弧条件が満たされて居れば故障点である受電端の電位は第2節 [例2.1] (17) 式から

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} V_{a0}^R \\ V_{a1}^R \\ V_{a2}^R \end{bmatrix} &= \frac{E_{a1}^S}{(S_{10} + T_{10} Z_{10}^R)(S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R} \begin{bmatrix} -(S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R \\ (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R \\ 0 \end{bmatrix} \\ &= \frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10} Z_{10}^R} E_{a1}^S \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad V_L \quad (4.6) \end{aligned}$$

となる。即ち零相及び第1正相の端子電位は大きさ相等しく逆位相にあり而して第2正相端子電位は零である。

従つて端子  $R_a$  の電位  $V_a^R$  は零となつて地絡電流は零であつても  $R_a$  が完全接地状態にあることに変わりが無い。消弧線輪で補償された系統に於いては 1 線完全地絡の場合にでも地絡電流が零であるから"地絡枝に関する限り見掛上は是が無いのと同じであると"云うことを述べたが見掛上は地絡枝が無い—即ち見掛上は地絡が無い—のと同じであるけれども是は飽く迄見掛上のことであつて被地絡端子の電位が零であるから地絡事故状況が残つて居ることは必ず念頭に置かなければならない。消弧線輪補償系統で 1 線地絡故障の際地絡電流が零である云うことと系統が健全である云うことは決して同意義ではないのである。

然らば消弧線輪で補償された系統で1線地絡故障の際地絡電流が零であると云うことの意味は何であろうか。一言にして言へば地絡電流が零であるから地絡故障を生じた相と雖も故障点で相短絡が起きて居るのではないと云うことである。是消弧線輪の最も著しい効果である。

(27)式に依れば

$$\frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} E_{a1}^S = \frac{Z_{10}^R}{[Z_{10}^S(1 + \frac{1}{2}Y_{10}Z_{10}) + Z_{10}(1 + \frac{1}{4}Y_{10}Z_{10})] + [1 + (Z_{10}^S + \frac{1}{2}Z_{10})Y_{10}]Z_{10}^R} E_{a1}^S$$

$V_{\angle}$

は系統が健全なときに端子  $R_a$  に現はれる第1正相電位即ち端子  $R_a$  の電位であるから消弧条件が満足されて居ると被地絡端子  $R_a$  の第1正相電位は地絡故障に無関係に系統が健全なときの此の端子の電位に等しい。

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} &= \frac{1}{(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R} \begin{bmatrix} (S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)S_{20}Z_{20}^R + (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R \\ -(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R \\ -(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)S_{20}Z_{20}^R \\ -(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{10}^R & -(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)S_{00}Z_{20}^R \\ (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R & 0 \\ 0 & (S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)S_{00}Z_{00}^R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ E_{a1}^S \\ 0 \end{bmatrix} \\ &= \frac{E_{a1}^S}{(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R} \begin{bmatrix} -(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{10}^R \\ (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R \\ 0 \end{bmatrix} \\ &= \frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} E_{a1}^S \begin{bmatrix} -\frac{1}{Z_{00}^R} \\ \frac{1}{Z_{10}^R} \\ 0 \end{bmatrix} \quad \Lambda_{\angle} \quad (4.7) \end{aligned}$$

上式から判るように負荷には  $-\frac{Z_{10}^R}{(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)Z_{00}^R} E_{a1}^S (\Lambda_{\angle})$  なる零相線電流が流入する。換言すれば負荷から  $\frac{Z_{10}^R}{(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)Z_{00}^R} E_{a1}^S (\Lambda_{\angle})$  なる零相線電流が流出する。此の負荷が電源側へ供給する零相電流  $-I_{a0}^R$  は電源から負荷を眺めたとき第1正相負荷が零相負荷に及ぼす相互 Admittance  $\frac{1}{Z_{10}^R} (\Upsilon_{\angle})$  を通して第1正相負荷の端子  $R_{a1}$  の電位  $\frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} E_{a1}^S (\Omega_{\angle})$  が零相負荷中に流させるのであるが  $\frac{1}{Z_{00}^R}$  は誘導性であるから  $-I_{a1}^R$  は勿論誘導性である。後述する様に負荷が供給する此の誘導性零相電流は結局地絡枝に供給される。

負荷に流入する第1正相線電流は  $\frac{E_{a1}^S}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} (\Lambda_{\angle})$  であるが (26) 式によれば之は系

統が健全なる際の負荷の第1正相線電流即ち負荷の線電流であるから消弧条件が満足されて居ると1線地絡故障の際にも負荷の第1正相線電流は地絡故障に無関係に系統が健全なるときの線電流に等しいのである。負荷の第2正相線電流は零である。

負荷の第1正相線電流は1線地絡故障時にも系統が健全な時と変りが無く且つ第2正相線電流も系統が健全な時に同じく矢張り零ではあるけれども零相線電流が零では無いから系統が故障状況にあることは歴然として覆う可くもないことに注意を要する。

電源側から地絡点[P]に流入し来る線電流は(20)式から

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^L \\ I_{a1}^L \\ I_{a2}^L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) T_{00} Z_{00}^R \\ (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R \\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_{a1}^S \\ (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$= \frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10} Z_{10}^R} E_{a1}^S \begin{bmatrix} T_{00} \\ S_{00} \\ \frac{1}{Z_{10}^R} \\ 0 \end{bmatrix} \quad A_{\angle} \quad (4.8)$$

扱て消弧条件が満足されて居るから  $\frac{T_{00}}{S_{00}} = -\frac{1}{Z_{00}^R} (U_{\angle})$  である。依つて

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^L \\ I_{a1}^L \\ I_{a2}^L \end{bmatrix} = \frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10} Z_{10}^R} E_{a1}^S \begin{bmatrix} -\frac{1}{Z_{00}^R} \\ \frac{1}{Z_{10}^R} \\ 0 \end{bmatrix} \quad A_{\angle}$$

即ち電源側から地絡点[P]に流入し来る線電流の零相分は  $-\frac{Z_{10}^R}{(S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) Z_{00}^R} E_{a1}^S (A_{\angle})$  で

式から判る様に容量性である。第1正相分は  $\frac{E_{a1}^S}{S_{10} + T_{10} Z_{10}^R} (A_{\angle})$  であるが是は(28)式によれば系統が健全なるときの線電流であるから消弧条件が満足されて居る限り第1正相線電流は系統が健全なる場合の線電流に等しく地絡故障の有無には関係がない。而して第2正相線電流は零である。

上式と(4.6)式とを比較すれば直ちに

$$[I_{a0}^L \ I_{a1}^L \ I_{a2}^L] = [I_{a0}^R \ I_{a1}^R \ I_{a2}^R] \quad A_{\angle} \quad (4.9)$$

であることが判る。此のことは(20)式を求めた手順一即ち負荷電流  $[I_{a1}^R]$  に地絡電流  $[I_{a0}^R]$  を加えて  $[I_{a1}^L]$  なる電流を得たこと一からも容易に判ることであるが是は電源側から故障点[P]に流入して来た線電流  $[I_{a1}^L]$  が地絡枝には全く無関係に其のまま悉く負荷側へ流れ去ることを意味する。従つてこの理由により地絡枝中の電流が零となるのであり又更に地絡故障がある相も地絡点  $P_a$  で相短絡をされたとにならないのである。

是消弧線輪補償系統に於いて1線地絡故障の際に地絡電流が流れない理由であるが其の

意味を調べてみよう。負荷には (4.6) 式で表はされる線電流  $[I_{al}^R]$  が流入するのであるが此のことは負荷から  $-[I_{al}^R]$  なる線電流が流出することを表している。一方電源側からも  $[I_{al}^R]$  なる線電流が  $[P_l]$  点に流入して来るから地絡枝中には  $[I_{al}^P] + (-[I_{al}^R]) (A_{\angle})$  なる合成電流が流れることになるわけで  $[I_{al}^P] = [I_{al}^R]$  であるから

$$[I_{al}^P] = [I_{al}^R] + (-[I_{al}^R]) = 0 \quad A_{\angle}$$

となるのである。

地絡枝中に電流が流れない理由を電氣的に考えてみよう。(4.1) 式から判るように第1正相回路に於いては第1正相電源から第1正相地絡枝を眺めたとき地絡枝の自己 Admittance  $Y_{l1}^P$  が零であり且つ零相及び第2正相回路に於いては起電力が無いから第1正相地絡枝中の電流が零となるのは当然である。第2正相回路に於いては地絡枝電流は第1正相地絡枝が第2正相地絡枝に及ぼす相互 Admittance のみに依つて生ずるのであるが電源から地絡枝を眺めたとき此の相互 Admittance  $Y_{l1}^P$  が零であるから第2正相地絡枝中に電流が流れない訳である。此のことから第2正相回路中では電位が至る所零で電流も亦至る所で零となることが推理される。要するに消弧線輪補償系統では第2正相回路は1線地絡故障が起きてても何等動作を行はない。

零相回路に於いても地絡枝電流は第1正相回路が零相回路に及ぼす相互 Admittance のみに依つて生ずるのであるが電源から地絡枝を眺めるとき此の相互 Admittance  $Y_{l2}^P$  が零であるから零相地絡枝中に電流が流れないのである。只零相回路中では並列 Admittance  $[Y]$  が接続された点  $[A_l]$  から電源側と負荷側とを眺めたときの合成零相 Inductance の零相分  $L_{00}$  と零相静電容量の零相分  $c_{00}$  とが直列共振状態にあるので他の2対称分回路とは模様が異つて居り一言を要する。

零相回路に於いて零相電源側から零相地絡枝に流入する零相線電流は  $-\frac{Z_{l0}^R}{(S_{l0} + T_{l0} Z_{l0}^R) Z_{00}^R} \cdot E_{a1}^S (A_{\angle})$  であつて第1正相回路の地絡点  $P_{a1}$  に於ける電位  $\frac{Z_{l0}^R}{S_{l0} + T_{l0} Z_{l0}^R} E_{a1}^S (V_{\angle})$ —此の電位が相互 Admittance を通して零相回路に電流を生ずるのである—に対して容量性である。容量性となるのは線路の零相並列 Admittance の零相分  $Y_{00}$  のためである。而して零相負荷側から零相地絡枝に流入する零相線電流は  $\frac{Z_{l0}^R}{(S_{l0} + T_{l0} Z_{l0}^R) Z_{00}^R} E_{a1}^S (A_{\angle})$  であつて電位  $\frac{Z_{l0}^R}{S_{l0} + T_{l0} Z_{l0}^R} E_{a1}^S$  に対して誘導性である。従つて此の両電流は逆位相にあり且つ大きさも相等しいことになるので零相地絡枝中の合成電流が全く零となるのである。

先きに消弧条件は並列 Admittance  $Y$  が接続された点  $[A_l]$  から眺めた系統の合成零相 Inductance の零相分と  $L_{00}$  と線路の零相静電容量の零相分  $c_{00}$  とが直列共振をなして居ることを意味すると述べたが零相地絡枝から眺めると  $L_{00}$  と  $c_{00}$  とが並列共振をなして居ることになる。尙此のことは鳳—Theveninの定理を用いて説明してもよい。〔4.1〕

そもそも系統が消弧条件を満足して居ると云うことは系統の零相回路が直列共振状態にあると云うことである。然らば此の零相回路中に起電力が無く且つ損失が皆無であるために回路内で消費される全電力は常に零で外部回路に無関係となる。従つて系統に1線地絡故障が発生することに依り零相回路に零相地絡枝が1回路—是は系統固有の零相回路に対しては直列な外部回路を形成する—が附加されても此の零相地絡枝から零相回路には電力が

出入しない。即ち零相地絡枝の電流は零である。然もこのことは地絡枝の位置には無関係であつて換言すれば系統中の何の点に1線地絡故障が発生しても零相地絡枝の電流は常に零となるのであると云うことになる。

是消弧装置の偽作の意味である。

並列 Admittance [Y] が接続されて居る点 [A<sub>1</sub>] の電位は (21) 式から

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} V_{a0}^A \\ V_{a1}^A \\ V_{a2}^A \end{bmatrix} &= \frac{E_{a1}^S}{(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R} \begin{bmatrix} -(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} - \frac{1}{2}T_{00}Z_{00})Z_{00}^R Z_{10}^R \\ (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R(Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10}) \\ 0 \end{bmatrix} \\ &= \frac{E_{a1}^S}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} \begin{bmatrix} -\frac{1}{Z_{00}^R} Z_{10}^R (Z_{00}^R + \frac{1}{2}Z_{00}^R) \\ Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{00}^R \\ 0 \end{bmatrix} \quad V_L \quad (4.10) \end{aligned}$$

となる。(29)式によれば  $\frac{1}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} (Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10}) E_{a1}^S (V_L)$  は系統が健全なとき点 [A<sub>1</sub>] に現はれる電位即ち第1正相電位であるから消弧線輪補償系統に於いては点 [A<sub>1</sub>] の第1正相電位は1線地絡故障の際にも故障には無関係に系統が健全なときの値を保持することが判る。

第2正相電位も零であるから1線地絡故障には無関係である。

並列 Admittance に流入する線電流は (22) 式から

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} I_{a0}^A \\ I_{a1}^A \\ I_{a2}^A \end{bmatrix} &= \frac{E_{a1}^S}{(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R} \begin{bmatrix} -(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} - \frac{1}{2}T_{00}Z_{00})Y_{00}Z_{00}^R Z_{10}^R \\ (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R Y_{10}(Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10}) \\ 0 \end{bmatrix} \\ &= \frac{E_{a1}^S}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} \begin{bmatrix} -\frac{1}{Z_{00}^R} Z_{10}^R (Z_{00}^R + \frac{1}{2}Z_{00}^R) Y_{00} \\ Y_{10}(Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10}) \\ 0 \end{bmatrix} \quad A_L \quad (4.11) \end{aligned}$$

(30) 式に依れば  $\frac{1}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} Y_{00} (Z_{00}^R + \frac{1}{2}Z_{10}) E_{a1}^S (A_L)$  は系統が健全なときの並列 Admittance に対する充電電流即ち第1正相充電線電流であるから消弧線輪補償系統に於いては並列 Admittance の第1正相充電電流は1線地絡故障の際にも故障には無関係に系統が健全なときの値を保持する。従つて(4.8)式が示す様に電源側から地絡点に向つて流入する第1正相線電流中に並列 Admittance に関係ある成分が含まれないのは当然である。並列 Admittance の第2正相充電線電流は零であつて1線地絡故障に無関係である。

電源から流出する線電流は (23) 式から

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^S \\ I_{a1}^S \\ I_{a2}^S \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R} \begin{bmatrix} (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)Z_{00}^R Z_{10}^R \\ (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R [1 + Y_{10}(Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10})] \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$= -\frac{E_{a1}^S}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} \begin{bmatrix} \frac{Z_{10}^R}{S_{00}} \\ 1 + Y_{10}(Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10}) \\ 0 \end{bmatrix} \quad A_{\angle} \quad (4.12)$$

(31) 式によれば  $\frac{1}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} [1 + Y_{10}(Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10})] E_{a1}^S (A_{\angle})$  は系統が健全なときに電源から流出する線電流即ち第1正相線電流であるから消弧線輪補償系統に於いては電源から流出する第1正相線電流は1線地絡故障の際にも故障には無関係に系統が健全なときの値を保持する。従つて電源から流出する第1正相線電流は系統が健全なときの負荷の線電流  $\frac{E_{a1}^S}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} (A_{\angle})$  と並列 Admittance に対する充電線電流  $\frac{1}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} Y_{10}(Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10}) \cdot E_{a1}^S (A_{\angle})$  とを合成したものであることも当然であると云わねばならない。

第2正相線電流も零で矢張り1線地絡故障には無関係である。

電源端子電位は (24) 式から

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^S \\ V_{a1}^S \\ V_{a2}^S \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)} \begin{bmatrix} -(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)[S_{00} - \frac{1}{2}(T_{00} + 1)Z_{00}]Z_{00}^R Z_{10}^R \\ (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R[\frac{1}{2}Z_{00} + (1 + \frac{1}{2}Y_{10}Z_{10})(Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10})] \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$= \frac{E_{a1}^S}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} \begin{bmatrix} -[1 + \frac{1}{2}(\frac{1}{Z_{00}^R} - \frac{1}{S_{00}})Z_{00}]Z_{10}^R \\ \frac{1}{2}Z_{10} + (1 + \frac{1}{2}Y_{10}Z_{10})(Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10}) \\ 0 \end{bmatrix} \quad V_{\angle} \quad (4.13)$$

となる。(32) 式によれば  $\frac{1}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} [\frac{1}{2}Z_{10} + (1 + \frac{1}{2}Y_{10}Z_{10})(Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10})] E_{a1}^S (V_{\angle})$  は系統が健全なときの電源端子電位即ち第1正相端子電位であるから消弧線輪補償系統に於ては電源の第一正相端子電位は1線地絡故障の際にも故障には無関係に系統が健全なときの値を保持するのである。

第2正相端子電位は矢張り零で1線地絡故障には無関係である。

電源中性点電位  $V_N^S$  及び負荷中性点電位  $V_N^R$  は

$$V_N^S = -\frac{3Z_{10}^R Z_N^S}{(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)S_{00}} E_{a1}^S$$

$$V_N^R = -\frac{3Z_{10}^R Z_N^R}{(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)Z_{00}^R} E_{a1}^S \quad V_{\angle} \quad (4.14)$$

となり系統が健全なときの様に零とはならない。

実際の送電線路に於いては負荷のみの零相 Impedance の零相分  $Z_{a00}^R$  は負荷中性点の接地 Impedance に比して非常に小さいから

$$V_{a0}^R \doteq V_N^R \quad V_{\angle}$$

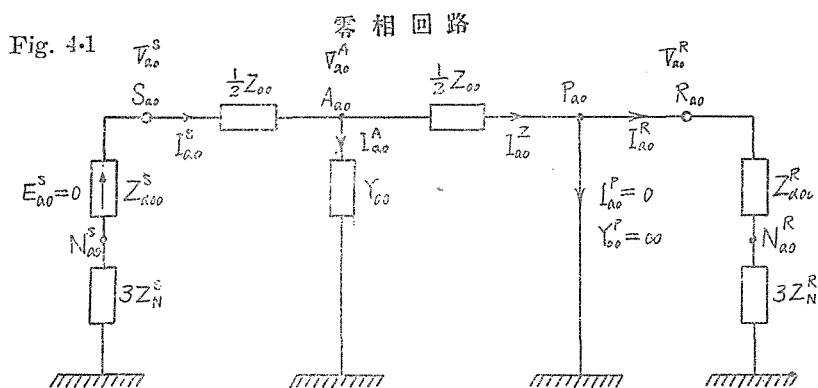
即ち故障点である受電端々子の零相電位は大略負荷の中性点電位に等しい。

系統が消弧条件を満足するとき1線地絡故障の際には電源から流出する零相線電流  $I_{a0}^S$ , 並列 Admittance の零相充電線電流  $I_{a0}^A$  及び負荷に流入する零相線電流  $I_{a0}^R$  の和は零となり  $I_{a0}^S$  と  $I_{a0}^R$  とは共同して  $I_{a0}^A$  を相殺する。其の結果零相地絡電流  $I_{a0}^L$  が零となり従つて地絡電流  $I_{a0}^L$  が全く零となるのであるから  $I_{a0}^S$  と  $I_{a0}^R$  とは消弧電流と呼ばれて居る。

本節で述べて來たのは並列 Admittance の両側にある零相 Impedance の零相分  $\frac{1}{3}I_{00} + \frac{1}{3}I_{00}$  と  $\frac{1}{3}I_{00} + \frac{1}{3}I_{00}$  とが共同して消弧電流を供給する場合である。勿論消弧条件を満足する様にさするならば電源側の  $\frac{1}{3}I_{00} + \frac{1}{3}I_{00}$  のみで或いは負荷側の  $\frac{1}{3}I_{00} + \frac{1}{3}I_{00}$  のみの片方だけで消弧電流を供給しても差支えない訳で例えば電源側のみで消弧しようとするれば電源側は負荷側が供給する筈の消弧電流をも併せて負担しなければならないから其れだけ  $\frac{1}{3}I_{00} + \frac{1}{3}I_{00}$  を一般には  $\frac{1}{3}I_{00}$  を一大きくしなければならない。又負荷側のみで消弧しようとするれば同じ様な理由で消弧条件を満足する様に  $\frac{1}{3}I_{00} + \frac{1}{3}I_{00}$  を一般には  $\frac{1}{3}I_{00}$  を一大きくしなければならない。

本節で述べた系統が消弧条件を満足するとき1線地絡故障の際の対称分回路を第4.1図に示す。

消弧条件が満足されて居るから



$$\begin{bmatrix} I_{a0}^p \\ I_{a1}^p \\ I_{a2}^p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{S_{00}} & 0 & 0 \\ \frac{1}{S_{00}} & 0 & 0 \\ \frac{1}{S_{00}} & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ E_{a1}^s \\ 0 \end{bmatrix} \quad A_z$$

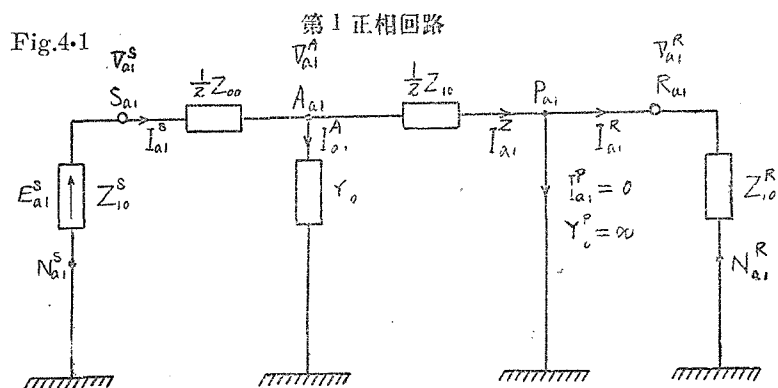
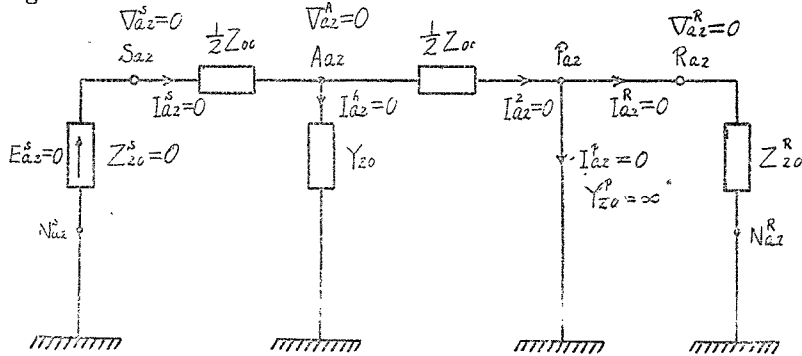




Fig.41

## 第2正相回路



となる。依つて電源から地絡枝を眺めると零相、第1正相及び第2正相の地絡枝の自己 Admittance は夫々  $\frac{1}{S_{00}} = -\frac{1}{T_{00}Z_{00}^R}$ , 0 及び 0 (V $\angle$ ) である。第1正相及び第2正相の両地絡枝が夫々零相地絡枝に及ぼす相互 Admittance は共に零で夫々第1正相及び第2正相の地絡枝の自己 Admittance に等しくて第2正相及び零相の両地絡枝が夫々第1正相地絡枝に及ぼす相互 Admittance は夫々第2正相及び零相の地絡枝の自己 Admittance に等しく夫々 0 及び  $\frac{1}{S_{00}}$  (V $\angle$ ) である。而して零相及び第1正相の両地絡枝が夫々第2正相地絡枝に及ぼす相互 Admittance は夫々零相及び第2正相の地絡枝の自己 Admittance に等しく夫々  $\frac{1}{S_{00}}$  及び 0 (V $\angle$ ) である。消弧線輪補償系統に於いて1線地絡故障時に零相地絡電流が零となることは前述の通りであるが是は電源から地絡枝を眺めるとき第1正相地絡枝が零相地絡枝に及ぼす相互 Admittance が零となるためで其の電氣的の意味は前記の様に零相回路の直列共振によつて説明することが出来る。而して第1正相地絡枝電流が零となるのは電源から眺めると第1正相地絡枝の自己 Admittance が零となるからであり、又第2正相地絡枝電流が零となるのは電源から眺めるとき第1正相地絡枝が第2正相地絡枝に及ぼす相互 Admittance が零となるためである。

以上述べたことを通観するに消弧線輪補償系統に於いては1線地絡故障時に第1正相電位及び第1正相電流の分布は系統が健全なときの分布状態を保持し且つ第2正相電位及び第2正相電流の分布も系統が健全なときの分布状態を保持し至る所で零である。是1線地絡故障のとき地絡電流が零であること—是は被地絡相が地絡枝によつて短絡されないことを意味する。—と共に消弧線輪補償系等の著しい特徴である。此の性質のために1線地絡故障時にも必要があれば送電を継続することが出来ることになる。併し故障点に於いては故障相の電位が零であること並に零相電位及び電流は地絡枝中の電流を除き零型分布をとらないことは系統が地絡故障状況にあることを歴然と表して居る。然も系統中に零相電流が流れることは近接する他系統へ誘導障害を与えることを意味し軽視することは出来ない。

## a) 接地 Admittance の影響

今迄故障相は地絡故障点で直接に接地された場合に就いて述べたが一般には地絡が完全でないことが多いから地絡枝の Admittance  $Y^P$  は無限大ならざる有限の値をとることに

なる。

斯様な場合にも系統の零相回路が無損失であつて消弧条件  $S_{00} + T_{00}Z_{00}^R = 0$  が完全に満足されて居るならば 1 線地絡故障時に於ける系統の偽作は完全地絡故障の場合と全く同じである。

不完全地絡の場合には地絡電流は (10) 式から

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^P \\ I_{a1}^P \\ I_{a2}^P \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\frac{1}{3}Y^P(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R} \begin{bmatrix} \frac{1}{3}Y^P(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)Z_{10}^R \\ " \\ " \end{bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad A_{\angle} \quad (4.a1)$$

となり消弧条件が満足されて居る限り地絡電流は矢張り全く零となる。従つて地絡電流は地絡枝 Admittance には無関係である。

系統に於ける電位並に電流の分布状況は(8)乃至 (16) 式から

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^R \\ V_{a1}^R \\ V_{a2}^R \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\frac{1}{3}Y^P(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R} \begin{bmatrix} -\frac{1}{3}Y^P(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^RZ_{10}^R \\ \frac{1}{3}Y^P(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^RZ_{10}^R \\ 0 \end{bmatrix} \\ = \frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} E_{a1}^S \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad V_{\angle} \quad (4.a2)$$

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\frac{1}{3}Y^P(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)} \begin{bmatrix} -\frac{1}{3}Y^P(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R \\ \frac{1}{3}Y^P(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R \\ 0 \end{bmatrix} \\ = \frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} E_{a1}^S \begin{bmatrix} -\frac{1}{Z_{00}^R} \\ \frac{1}{Z_{10}^R} \\ 0 \end{bmatrix} \quad A_{\angle'} \quad (4.a3)$$

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^Z \\ I_{a1}^Z \\ I_{a2}^Z \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\frac{1}{3}Y^P(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R} \begin{bmatrix} \frac{1}{3}Y^P(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)T_{00}Z_{00}^RZ_{10}^R \\ \frac{1}{3}Y^P(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$= \frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10} Z_{10}^R} E_{a1}^S \begin{bmatrix} -\frac{1}{Z_{00}^R} \\ \frac{1}{Z_{10}^R} \\ 0 \end{bmatrix} \quad A_{\angle} \quad (4.44)$$

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^A \\ V_{a1}^A \\ V_{a2}^A \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\frac{1}{3} Y^P (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R} \begin{bmatrix} \frac{1}{3} Y^P (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (S_{00} - \frac{1}{2} T_{00} Z_{00}) Z_{00}^R Z_{10}^R \\ \frac{1}{3} Y^P (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R (Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10}) \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$= \frac{E_{a1}^S}{S_{10} + T_{10} Z_{10}^R} \begin{bmatrix} -\frac{1}{Z_{00}^R} Z_{10}^R (Z_{00}^R + \frac{1}{2} Z_{00}) \\ Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10} \\ 0 \end{bmatrix} \quad V_{\angle} \quad (4.45)$$

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^A \\ I_{a1}^A \\ I_{a2}^A \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\frac{1}{3} Y^P (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R} \begin{bmatrix} -\frac{1}{3} Y^P (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (S_{00} - \frac{1}{2} T_{00} Z_{00}) Y_{00} Z_{00}^R Z_{10}^R \\ \frac{1}{3} Y^P (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R Y_{10} (Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10}) \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$= \frac{E_{a1}^S}{S_{10} + T_{10} Z_{10}^R} \begin{bmatrix} -\frac{1}{Z_{00}^R} Z_{10}^R (Z_{00}^R + \frac{1}{2} Z_{00}) Y_{00} \\ Y_{10} Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10} \\ 0 \end{bmatrix} \quad A_{\angle} \quad (4.46)$$

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^S \\ I_{a1}^S \\ I_{a2}^S \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\frac{1}{3} Y^P (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R} \begin{bmatrix} \frac{1}{3} Y^P (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) Z_{00}^R Z_{10}^R \\ \frac{1}{3} Y^P (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R [1 + (Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10}) Y_{10}] \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$= \frac{E_{a1}^S}{S_{10} + T_{10} Z_{10}^R} \begin{bmatrix} \frac{Z_{10}^R}{S_{00}} \\ 1 + Y_{10} (Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10}) \\ 0 \end{bmatrix} \quad A_{\angle} \quad (4.47)$$

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^S \\ V_{a1}^S \\ V_{a2}^S \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\frac{1}{3} Y^P (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R} \begin{bmatrix} -\frac{1}{3} Y^P (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) \\ \quad \cdot [S_{00} - \frac{1}{2} (T_{00} + 1) Z_{00}] Z_{00}^R Z_{10}^R \\ \frac{1}{3} Y^P (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R [\frac{1}{2} Z_{10} \\ \quad + (1 + \frac{1}{2} Y_{10} Z_{10}) (Z_{10}^R + \frac{1}{2} Z_{10})] \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$= \frac{E_{a1}^S}{S_{10} + T_{10} Z_{10}^R} \begin{bmatrix} -[1 + \frac{1}{2}(\frac{1}{Z_{00}^R} - \frac{1}{S_{00}})Z_{00}]Z_{10}^R \\ \frac{1}{2}Z_{10} + (1 + \frac{1}{2}Y_{10}Z_{10})(Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10}) \\ 0 \end{bmatrix} \quad V_L \quad (4a8)$$

となる。

是等の式から判る様に系統の動作は完全地絡故障の場合と全く同じである。換言すれば消弧条件が完全に満される無損失系統に於いては 1 線地絡故障の際の系統の偽作は地絡枝の Admittance に無関係である。

#### (b) 損失の影響

系統の零相回路に於いて損失が皆無であるならば消弧条件  $S_{00} + T_{00}Z_{00}^R = 0$  が完全に満たされるのであるが一般には零相回路の損失が皆無でない。即ち  $Z_{00}^S$  には電線の抵抗が有り鉄心損失を含む。又  $Z_{00}^R$  にも導線抵抗が有り鉄心損失を含むし且つ負荷が有効電力を消費する場合には消費電力に相応する実効抵抗を含むことになる。<sup>[4.2]</sup>而して  $Y_{00}$  には漏洩 Conductance 及び碍子の誘電体損失による Conductance 等の損失を含んで居る。従つて実際には消弧条件が完全に満されないことになる。

今

$$\begin{bmatrix} Z_{00}^S \\ Z_{00} \\ Z_{00}^R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{00}^S + j\omega l_{00}^S \\ r_{00} + j\omega l_{00} \\ r_{00}^R + j\omega l_{00}^R \end{bmatrix} \quad \Omega_L$$

$$[Y_{00}] = [g_{00} + j\omega c_{00}] \quad U_L \quad (4b1)$$

と置く。但し上式に於いて  $r_{00}^S$ ,  $r_{00}$  及び  $r_{00}^R$  は夫々電源、線路及び負荷の零相実効抵抗の零相分で  $g_{00}$  は線路の並列 Admittance に於ける零相実効 Conductance の零相分である。然らば

$$\begin{aligned} S_{00} + T_{00}Z_{00}^R &= [(r_{00}^S + j\omega l_{00}^S)\{1 + \frac{1}{2}(g_{00} + j\omega c_{00})(r_{00} + j\omega l_{00})\} \\ &\quad + (r_{00} + j\omega l_{00})\{1 + \frac{1}{2}(g_{00} + j\omega c_{00})(r_{00} + j\omega l_{00})\}] \\ &\quad + [1 + \{(r_{00}^S + j\omega l_{00}^S) + \frac{1}{2}(r_{00} + j\omega l_{00})\}(g_{00} + j\omega c_{00})](r_{00}^R + j\omega l_{00}^R) \\ &= [\{(r_{00}^S + \frac{1}{2}r_{00}) + (\frac{1}{2}r_{00} + r_{00}^R)\} + (r_{00}^S + \frac{1}{2}r_{00})(\frac{1}{2}r_{00} + r_{00}^R)g_{00}] \\ &\quad - \omega^2[(r_{00}^S + \frac{1}{2}r_{00})(\frac{1}{2}l_{00} + l_{00}^R)c_{00} + g_{00}(l_{00}^S + \frac{1}{2}l_{00})(\frac{1}{2}l_{00} + l_{00}^R) \\ &\quad + (\frac{1}{2}r_{00} + r_{00}^R)(l_{00}^S + \frac{1}{2}l_{00})c_{00}] \\ &\quad + j\omega[(r_{00}^S + \frac{1}{2}r_{00})g_{00}(\frac{1}{2}l_{00} + l_{00}^R) + (\frac{1}{2}r_{00} + r_{00}^R)g_{00}(l_{00}^S + \frac{1}{2}l_{00}) \\ &\quad + (r_{00}^S + \frac{1}{2}r_{00})(\frac{1}{2}r_{00} + r_{00}^R)c_{00}] \\ &\quad + j\omega[\{(l_{00}^S + \frac{1}{2}l_{00}) + (\frac{1}{2}l_{00} + l_{00}^R)\} - \omega^2(l_{00}^S + \frac{1}{2}l_{00})(\frac{1}{2}l_{00} + l_{00}^R)c_{00}] \quad \Omega_L \end{aligned}$$

従つて若し零相回路が直列共振をなして居るならば

$$\begin{aligned} S_{00} + T_{00}Z_{00}^R &= R \\ &= [\{(r_{00}^S + \frac{1}{2}r_{00}) + (\frac{1}{2}r_{00} + r_{00}^R)\} + (r_{00}^S + \frac{1}{2}r_{00})(\frac{1}{2}r_{00} + r_{00}^R)g_{00}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& -\omega^2[(r_{00}^S + \frac{1}{2}r_{00}^R)(\frac{1}{2}l_{00} + l_{00}^R)c_{00} + g_{00}(l_{00}^S + \frac{1}{2}l_{00}^R)(\frac{1}{2}l_{00} + l_{00}^R) \\
& \quad + (\frac{1}{2}r_{00} + r_{00}^R)(l_{00}^S + \frac{1}{2}l_{00}^R)c_{00}] \\
& + j\omega[(r_{00}^S + \frac{1}{2}r_{00}^R)g_{00}(\frac{1}{2}l_{00} + l_{00}^R) + (\frac{1}{2}r_{00} + r_{00}^R)g_{00}(l_{00}^S + \frac{1}{2}l_{00}^R) \\
& \quad + (\frac{1}{2}r_{00} + r_{00}^R)(l_{00}^S + \frac{1}{2}l_{00}^R)c_{00}]
\end{aligned}
\quad \Omega \angle \quad (4\cdot b2)$$

即ち  $S_{00} + T_{00}Z_{00}^R = R$  は零とならない。

故に受電端々子  $R_a$  が直接接地をなされて居るときも地絡電流は

$$\begin{aligned}
\begin{bmatrix} I_{a0}^P \\ I_{a1}^P \\ I_{a2}^P \end{bmatrix} &= \frac{E_{a1}^S}{\Delta'} \begin{bmatrix} R(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)Z_{10}^R \\ // \\ // \end{bmatrix} \quad \Lambda \angle \\
\text{但し } \Delta' &= (S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R + R[(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)S_{20}Z_{20}^R \\
& \quad + (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{10}Z_{10}^R] \quad \Omega^2 \angle \quad (4\cdot b3)
\end{aligned}$$

となり零ではない。

此の場合の地絡電流は残留電流と呼ばれて居る。残留電流は零相回路の損失の函数で系統が健全なとき故障点に現れる電位とは同相にないのが普通である。

残留電流が最小になるのは零相回路が共振して居る場合ではなく  $R$  の大きさが最小となる場合であるから完全な同調から幾分外れて居るときである。〔4・3〕零相回路中に損失があれば零相回路が共振をして居ても零相回路中で消費される有効電力と是に附随する無効力とが零相地絡枝を通して第1正相回路から供給されるので此の電力に相應する電流が零相地絡枝中を流れることになる。是が零相残留電流である。又電源から眺めた第1正相地絡枝の自己 Admittance も零ではないから此の中に第1正相残留電流が生ずるし第1正相地絡枝が第2正相地絡枝に及ぼす相互 Admittance も亦零でないから此の中に第2正相残留電流が生ずる。

実際の送電線路に於いては電線の並列漏洩 conductance は極めて小さく且つ並列 Susceptance と零相実効抵抗とは小さいから残留電流は十分小さくなり消弧に支障を來たすことは特殊の場合を外いては先ずない。零相回路に損失が有る場合1線完全地絡故障の際の地絡点電位は(18)式から

$$\begin{aligned}
\begin{bmatrix} V_{a0}^R \\ V_{a1}^R \\ V_{a2}^R \end{bmatrix} &= \frac{Z_{10}^R}{\Delta'} E_{a1}^S \begin{bmatrix} -(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R \\ (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R + RS_{20}Z_{20}^R \\ -RS_{20}Z_{20}^R \end{bmatrix} \quad V \angle \quad (4\cdot b4)
\end{aligned}$$

となる。上式から判る様に無損失の場合と異り第1正相電位は系統が健全なときの値に等しくないし又第2正相電位も零ではない。故障端子  $R_a$  の電位  $V_a^R$  は矢張り零となることに変りがない。

負荷の線電流は(17)式から

$$\begin{aligned}
\begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} &= \frac{Z_{10}^R}{\Delta'} E_{a1}^S \begin{bmatrix} -(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00} \\ \frac{1}{Z_{10}^R} [(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R + RS_{20}Z_{20}^R] \\ -RS_{20}Z_{20}^R \end{bmatrix} \quad \Lambda \angle \quad (4\cdot b5)
\end{aligned}$$

第1正相線電流は系統が健全なときの値に等しくないし又第2正相線電流も零ではない。上記の様に零相回路に損失があると1線完全地絡故障時に於いては第1正相負荷は最早や系統が健全なときの状態を保持しないし又第2正相負荷の端子電位及び線電流も共に零で無く第2正相負荷が故障に感応して動作するのである。此の性質は負荷のみならず第1正相及び第2正相の両回路全体に現われることは詳論する迄も無からう。

1線不完全地絡の場合には地絡電流は(10)式から

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^P \\ I_{a1}^P \\ I_{a2}^P \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta} \begin{bmatrix} \frac{1}{3} Y^P R (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) Z_{10}^R \\ \\ \\ \end{bmatrix} \quad A_{\angle}$$

$$\text{但し } \Delta = \frac{1}{3} Y^P [(S_{10} + T_{10} Z_{10}^R)(S_{00} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R + R \{ (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) S_{20} Z_{20}^R + (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{10} Z_{10}^R \}] + R (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) \quad \Omega^3 \angle \quad (4b6)$$

即ち地絡枝には残当電流が生ずる。此の残当電流は地絡 Admittance  $Y^P$  の函数である。

故障点電位は(9)式から

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^R \\ V_{a1}^R \\ V_{a2}^R \end{bmatrix} = \frac{Z_{10}^R}{\Delta} E_{a1}^S \begin{bmatrix} -\frac{1}{3} Y^P (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R \\ \frac{1}{3} Y^P [(S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R + R S_{20} Z_{20}^R] + R (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) \\ -\frac{1}{3} Y^P R S_{20} Z_{20}^R \end{bmatrix} \quad V_{\angle} \quad (4b7)$$

故障点電位も地絡 Admittance の函数である。第1正相電位は系統が健全なときの値でないことは勿論であるし第2正相電位も零ではない。

地絡点  $R_a$  の電位は  $\frac{Z_{10}^R}{\Delta} (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) E_{a1}^S (V_{\angle})$  となつて零ではない。

負荷の線電流は(8)式から

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} = \frac{Z_{10}^R}{\Delta} E_{a1}^S \begin{bmatrix} -\frac{1}{3} Y^P (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R \\ \frac{1}{3} Y^P [(S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) S_{00} Z_{00}^R + R S_{20} Z_{20}^R] \frac{1}{Z_{10}^R} + R (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) \frac{1}{Z_{10}^R} \\ \frac{1}{3} Y^P R S_{20} \end{bmatrix} \quad A_{\angle} \quad (4b8)$$

負荷の線電流も地絡 Admittance の函数である。第1正相線電流は系統が健全なる場合の値に等しくないし第2正相電位も零ではない。

上記の様に零相回路に損失があると1線不完全地絡故障時に於いては第1正相負荷は系統が健全なときの状態を保持しないし又第2正相負荷の電位及び線電流も共に零で無く第2正相負荷は地絡故障の程度に応じて動作する。而して対称分負荷が被る故障の影響は  $R$  と地絡 Admittance との函数である。此の性質は負荷のみならず第1正相及び第2正相の両回路全体に現はれるものである。

次に述べた様に零相回路中に損失があれば地絡電流は零とならず残当電流がある。而して第1正相回路は地絡故障の影響を受けて系統が健全なる場合の状態を保持出来なくなり又第2正相回路も故障に応じて電流の分布は健全な系統の様に零分布でなくなる。残当電流は勿論3対称分回路中の電位及び電流は皆  $R$  と地絡 Admittance との函数となる。

実際の線路に於いてはRが小さいから残尚電流は十分小さくなる。而して $Y^P$ が相当小さくても1線地絡故障時に於ける偽作は完全地絡の場合に近く且つ零相回路に損失が無い場合に近いのである。即ち $\omega C_{00}$ は $10^{-3}$ (U)より小さく且つ系統の零相実効抵抗も亦小さい上に電線の実効 Conductance が極めて小さいから $\Delta$ は $Y^P$ が $10^{-2}$ (U)程度—是は架空送電線路に於ける弧光 Admittance の大きさである—では殆んど $\Delta'$ と代置して差支えない。依つて系統の偽作は完全地絡の場合と大差無く地絡 Admittance の影響を無視し得る様になる。但し線路互長が特に大きい場合にはRが相当な値になるので地絡 Admittance の影響は無視出来なくなるし又樹枝等が電線に混触して地絡を生じたり又碍子が破損して腕木或いは木柱を通して地絡した様な場合には地絡 Admittance が非常に小さくなるから其の影響を無視することが出来なくなる。

以上消弧線輪補償系統の永久1線地絡故障時に於ける偽作に就いて述べた。消弧装置の消弧作用は定常状態の偽作に関係あるのみならず過渡時の動作にも関係があるが茲では詳論を避け單に消弧装置補償系統では故障状態が除去された際の過渡状態に於いて地絡点電位の恢復が極めて除々であることを附記するに止める。

此の地絡点電位の恢復速度が緩慢であることは消弧作用上極めて重要な性質であつて消弧装置は前述の地絡電流を抑制する作用と是との二つによつて完全なる消弧作用を行うのである。

消弧装置については消弧線輪の外に Bauch 博士が別の観点から消弧変圧器を考案したが根本理論に就いては同じであり実際に使用して極めて効果的であることも消弧線輪と同じである。

[4.1] 鳳—Thevenin の法則によつて地絡電流を求めると次の様になる。  
地絡点[P]から電源側を眺めた Impedance を  $Z^{PS}$  とすれば

$$[Z^{PS}] = \{ ([Z^S] + \frac{1}{2}[Z])^{-1} + [Y] \}^{-1} + \frac{1}{2}[Z]$$

$$= \begin{bmatrix} \frac{1}{1 + (Z_{00}^S + \frac{1}{2}Z_{00})Y_{00}} [(Z_{00}^S + \frac{1}{2}Z_{00}) + \frac{1}{2}Z_{00}\{1 + Y_{00}(Z_{00}^S + \frac{1}{2}Z_{00})\}] \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{1}{1 + (Z_{10}^S + \frac{1}{2}Z_{10})Y_{10}} [(Z_{10}^S + \frac{1}{2}Z_{10}) + \frac{1}{2}Z_{10}\{1 + Y_{10}(Z_{10}^S + \frac{1}{2}Z_{10})\}] \\ 0 \\ 0 \\ \frac{1}{1 + (Z_{20}^S + \frac{1}{2}Z_{20})Y_{20}} [(Z_{20}^S + \frac{1}{2}Z_{20}) + \frac{1}{2}Z_{20}\{1 + Y_{20}(Z_{20}^S + \frac{1}{2}Z_{20})\}] \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \frac{S_{00}}{T_{00}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{S_{10}}{T_{10}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{S_{20}}{T_{20}} \end{bmatrix} \quad \Omega_{\angle} \quad (1)$$

[P] 点から負荷側を眺めた Impedance を  $Z^{\text{PR}}$  とすれば

$$[\mathcal{Z}^{\text{PR}}] = [\mathcal{Z}^{\text{R}}] \quad \Omega_{\angle} \quad (2)$$

依つて [P] 点から系統を眺めた合成 Impedance  $[\mathcal{Z}^{\text{W}}]$  は

$$[\mathcal{Z}^{\text{W}}] = ([\mathcal{Z}^{\text{PS}}]^{-1} + [\mathcal{Z}^{\text{PR}}]^{-1})^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{S_{00} + T_{00}Z_{00}^{\text{R}}}{S_{00}Z_{00}^{\text{R}}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{S_{10} + T_{10}Z_{10}^{\text{R}}}{S_{00}Z_{00}^{\text{R}}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{S_{20} + T_{20}Z_{20}^{\text{R}}}{S_{20}Z_{20}^{\text{R}}} \end{bmatrix}^{-1}$$

$$= \begin{bmatrix} \frac{S_{00}Z_{00}^{\text{R}}}{S_{00} + T_{00}Z_{00}^{\text{R}}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{S_{10}Z_{10}^{\text{R}}}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^{\text{R}}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{S_{20}Z_{20}^{\text{R}}}{S_{20} + T_{20}Z_{20}^{\text{R}}} \end{bmatrix} \quad \Omega_{\angle} \quad (3)$$

地絡枝の Impedance  $[\mathcal{Z}_a^{\text{P}}]$  は第2節〔2.2〕に於いて計算した様に完全接地の場合には

$$[\mathcal{Z}_a^{\text{P}}] = \lim_{Z \rightarrow \infty} [\mathcal{Z}_a^{\text{P}'}] = \lim_{Z \rightarrow \infty} \frac{1}{3} Z \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \quad \Omega_{\angle} \quad (4)$$

而して系統が健全なとき故障点に現はれる電位は  $\begin{bmatrix} 0 & \frac{Z_{10}^{\text{R}}}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^{\text{R}}} E_{a1}^{\text{S}} & 0 \end{bmatrix} (V_{\angle})$  であるから

$$[I_{a1}^{\text{P}}] = \lim_{Z \rightarrow \infty} [I_{a1}^{\text{P}'}] = \lim_{Z \rightarrow \infty} ([\mathcal{Z}^{\text{W}}] + [\mathcal{Z}_a^{\text{P}}])^{-1} \begin{bmatrix} 0 & \frac{Z_{10}^{\text{R}}}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^{\text{R}}} E_{a1}^{\text{S}} & 0 \end{bmatrix} \quad \Omega_{\angle} \quad (5)$$

扱て

$$[I_{a1}^{\text{P}}] = \begin{bmatrix} \frac{2}{3}Z + U_{00} & -\frac{1}{3}Z & -\frac{1}{3}Z \\ -\frac{1}{3}Z & \frac{2}{3}Z + U_{10} & -\frac{1}{3}Z \\ -\frac{1}{3}Z & -\frac{1}{3}Z & \frac{2}{3}Z + U_{20} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{Z_{10}^{\text{R}}}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^{\text{R}}} E_{a1}^{\text{S}} \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$= \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} 3(\frac{1}{3}Z)^2 + \frac{2}{3}Z(U_{10} + U_{20}) + U_{10}U_{20} & 3(\frac{1}{3}Z)^2 + \frac{1}{3}ZU_{20} \\ 3(\frac{1}{3}Z)^2 + \frac{1}{3}ZU_{20} & 3(\frac{1}{3}Z)^2 + \frac{2}{3}Z(U_{20} + U_{00}) + U_{20}U_{00} \\ 3(\frac{1}{3}Z)^2 + \frac{1}{3}ZU_{10} & 3(\frac{1}{3}Z)^2 + \frac{1}{3}ZU_{00} \end{bmatrix}$$



$$\begin{bmatrix} 3(\frac{1}{3}Z)^2 + \frac{1}{3}ZU_{10} \\ 3(\frac{1}{3}Z)^2 + \frac{1}{3}ZU_{00} \\ 3(\frac{1}{3}Z)^2 + \frac{2}{3}Z(U_{00} + U_{10}) + U_{00}U_{10} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} E_{a1}^S \\ 0 \end{bmatrix} \quad \Lambda_{\angle}$$

但し

$$\begin{bmatrix} U_{00} \\ U_{10} \\ U_{20} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{S_{00}Z_{00}^R}{S_{00} + T_{00}Z_{00}^R} \\ \frac{S_{10}Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} \\ \frac{S_{20}Z_{20}^R}{S_{20} + T_{20}Z_{20}^R} \end{bmatrix} \quad \Omega_{\angle}$$

$$\Delta = 3(\frac{1}{3}Z)^2(U_{00} + U_{10} + U_{20}) + \frac{2}{3}Z(U_{00}U_{10} + U_{10}U_{20} + U_{20}U_{00}) + U_{00}U_{10}U_{20} \quad \Omega^3_{\angle} \quad (6)$$

依つて

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^P \\ I_{a1}^P \\ I_{a2}^P \end{bmatrix} = \frac{1}{U_{00} + U_{10} + U_{20}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} E_{a1}^S \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$= \frac{E_{a1}^S}{\Delta'} \begin{bmatrix} (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)Z_{10}^R \\ // \\ // \end{bmatrix} \quad \Lambda_{\angle}$$

$$\begin{aligned} \text{但し } \Delta' &= (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)S_{20}Z_{20}^R + (S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R \\ &\quad + (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{00}Z_{10}^R \quad \Omega^4_{\angle} \quad (7) \end{aligned}$$

となり (4.1) 式を得る。

次に電源側から地絡枝に流入する電流を

 $[I_{al}^{PS}](\Lambda_{\angle})$  とし負荷側から地絡枝に流入する電流を  $[I_{al}^{PR}](\Lambda_{\angle})$  とすれば

$$\begin{aligned} [Z^P_S][I_{al}^{PS}] &= [Z^P_R][I_{al}^{PR}] \quad V_{\angle} \\ [I_{al}^{PS}] + [I_{al}^{PR}] &= [I_{al}^{PR}] \quad \Lambda_{\angle} \end{aligned} \quad (8)$$

上式を解けば

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^{PS} \\ I_{a1}^{PS} \\ I_{a2}^{PS} \end{bmatrix} = ([Z^P_S] + [Z^P_R])^{-1} [Z^P_R][I_{al}^P] = \begin{bmatrix} \frac{T_{00}Z_{00}^R}{S_{00} + T_{00}Z_{00}^R} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{T_{10}Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{T_{20}Z_{20}^R}{S_{20} + T_{20}Z_{20}^R} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^P \\ I_{a1}^P \\ I_{a2}^P \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta} \begin{bmatrix} (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)T_{00}Z_{00}^RZ_{10}^R \\ \frac{1}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R}(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)T_{10}(Z_{10}^R)^2 \\ (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)T_{20}Z_{10}^RZ_{20}^R \end{bmatrix} \quad A_{\angle} \quad (9)$$

而して

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^{PR} \\ I_{a1}^{PR} \\ I_{a2}^{PR} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_{a0}^P \\ I_{a1}^P \\ I_{a2}^P \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} I_{a1}^{PS} \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta} \begin{bmatrix} (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{10}^R \\ \frac{1}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R}(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{10}Z_{10}^R \\ (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{10}^R \end{bmatrix} \quad A_{\angle} \quad (10)$$

となる。

系統が健全なる場合の負荷線電流の式 (26) に (9) 式の符合を変じて  $-\begin{bmatrix} I_{a1}^R \end{bmatrix}$  と  $\begin{bmatrix} I_{a1}^{PR} \end{bmatrix}$  とは正の方向を逆にとつてあるから——加うれば  $P_a$  点で  $a$  線が完全接地をなされたときの負荷電流 (16) 式が得られる。又系統が健全なる場合の  $\begin{bmatrix} I_{a1}^S \end{bmatrix}$  の式 (28) に (10) 式を加うれば  $P_a$  点で  $a$  線が完全接地をなされたときの此の電流の式 (20) が得られることは云う迄もなからう。

地絡枝から系統を眺めたとき系統の対称分回路には次の性質がある。

地絡枝に電流を通ずる起電力は第 1 正相回路の地絡枝のみに  $\frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} E_{a1}^S (V_{\angle})$  があるだけで零相回路と第 2 正相回路とは起電力が全く存在しない。此のことに就いては既に屢々述べた通りである。

第 1 正相回路に於て地絡枝から電源側を眺めた自己 Admittance は  $\frac{1}{\Delta} (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)T_{10}Z_{10}^R (\Omega_{\angle})$  で負荷側を眺めた自己 Admittance は  $\frac{1}{\Delta} (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{10} (V_{\angle})$  である。而して地絡枝から眺めると第 1 正相回路が零相回路の電源側に及ぼす相互 Admittance は  $\frac{1}{\Delta} (S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)T_{00}Z_{00}^R (V_{\angle})$  で負荷側に及ぼす相互 Admittance は  $\frac{1}{\Delta} (S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00} (V_{\angle})$  である。又地絡枝から眺めると第 1 正相回路が第 2 正相回路の負荷側に及ぼす相互 Admittance は  $\frac{1}{\Delta} (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)T_{20}Z_{20}^R (V_{\angle})$  で負荷側に及ぼす相互 Admittance は  $\frac{1}{\Delta} (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)S_{20} (V_{\angle})$  である。

若し消弧条件が満足されて居るならば

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^{PS} \\ I_{a1}^{PS} \\ I_{a2}^{PS} \end{bmatrix} = \frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} E_{a1}^S \begin{bmatrix} -\frac{1}{Z_{00}^R} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad A_{\angle} \quad (11)$$

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^{PR} \\ I_{a1}^{PR} \\ I_{a2}^{PR} \end{bmatrix} = \frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} E_{a1}^S \begin{bmatrix} \frac{1}{Z_{00}^R} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad A_{\angle} \quad (12)$$

上式から判る様に零相地絡枝に流入する零相線電流  $I_{a0}^P$  と  $I_{a0}^R$  とは逆位相にあり且つ大きさが相等しいから零相地絡枝中の合成電流が零となるのである。又地絡枝から眺めるとき第1正相回路と第2正相回路とは1線地絡故障の際には何等動作をなさない。換言すれば地絡枝から眺めると第1正相回路と第2正相回路とは1線地絡故障には無関係である。本節で述べた様に消弧線輪補償系統に於いては電源から眺めた第1正相回路と第2正相回路とは1線地絡故障には無関係である。而して地絡枝から系統を眺めると云うことは故障状態の系統を眺めて居ると云うことに外ならないから地絡枝から眺めた第1正相回路と第2正相回路とが1線地絡故障時に何等の反応をも示さないのは当然な訳である。(11)及び(12)式から零相回路が零相地絡枝に就いて並列共振状態にあることを知ることが出来る。

〔4.2〕 負荷が有効電力を消費すれば此の電力に対する実効抵抗がある。若し負荷が平衡して居れば此の実効抵抗は第1正相分のものであるが此の第1正相実効抵抗のために零でない零相及び第2正相の実効抵抗が生ずる。従つて負荷が実効電力を消費する限り負荷が対称であらうと非対称であらうと零相及び第2正相実効抵抗は零でない。

負荷の  $a$ ,  $b$  及び  $c$  相で消費する有効電力に対する実効抵抗を夫々  $r_a^R, r_b^R$  及び  $r_c^R$  ( $\Omega$ ) とすれば実際の場合には相互抵抗は無視出来るから負荷のみの対称分実効抵抗は

$$\begin{bmatrix} r_{a0}^R \\ r_{\beta 0}^R \\ r_{\gamma 0}^R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{a1}^R \\ r_{\beta 1}^R \\ r_{\gamma 1}^R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{a2}^R \\ r_{\beta 2}^R \\ r_{\gamma 2}^R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_a^R \\ r_b^R \\ r_c^R \end{bmatrix} \quad \Omega$$

〔4.3〕 完全な消弧作用のためには零相回路が同調することが必要であるが送電系統に於いては実際の運轉上で常に同調状態に保つことは不可能である。例えば線路の対地容量は天候によつて多少変化し又運轉系統の変化のために線路互長が変わることがあり或いは負荷の変動に伴つて負荷の零相 Impedance が変動するが一方消弧装置を是等の各場合に同調する様に調整することは不可能であつて勢い多少同調が外れた儘で運轉されることが寧ろ多い。非同調度なるものを

$$v = \frac{1}{\omega C_{00}} \left( \omega C_{00} - \frac{1}{\omega L_{00}} \right) \cdot 100 \quad \%$$

なる式で定義すれば実験の結果によると  $v$  が  $\pm 15\%$  位迄は消弧作用が行はれる様である。是は勿論残留電流の有効分や高周波の含有量によつて異なるから普通の場合  $v$  の大きさを大体  $10\%$  以内に納めるのが安全である。

#### 第5節 消弧装置補償系統の異状共振現象

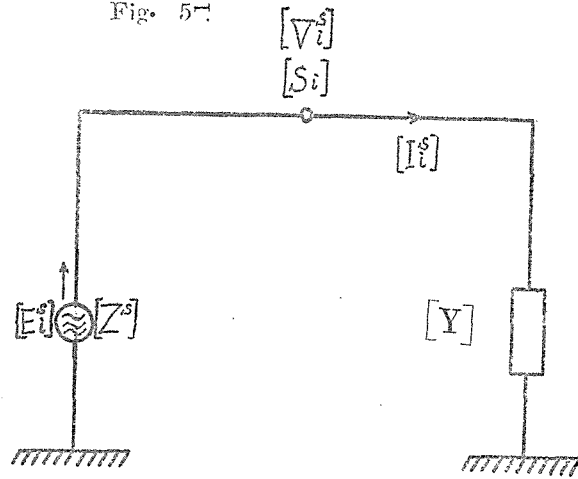
前節に於いては系統が対称3相形なるときの消弧線輪の動作を述べた。然し実際の送電線路に於いては3電線の幾何学的配置は大地に対して完全には対称的でなく又架空地線等の影響を受けて仮令撚架を十分にしても尙電線の Inductance 及び静電容量に幾分の不平衡を來すのが普通であるので送電線路は対称3相形であると云うことが出来ない。消弧装置補償系では零相回路が直列共振をなして居るため系統の不平衡が消弧装置の動作に著しい影響を与えることは明かではに就いて少し述べることにしよう。

簡単のために第5.1図に示す様な簡単な系統に就いて考える。但し図に於いて電源は対称3相式であるが Admittance  $[Y]$  は不平衡なる容量性のものとする。電位及電流を図の様に定むれば

$$\begin{bmatrix} [V_{ai}^s] \\ [I_{ai}^s] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [E_{ai}^s] - [Z] [I_{ai}^s] \\ [\Psi] [V_{ai}^s] \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} V_{\angle} \\ \Lambda_{\angle} \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

Fig. 5.1



$$\begin{aligned} \therefore [V_{ai}^s] &= ([U] + [Z^s][\Psi])^{-1} [E_{ai}^s] & V_{\angle} \\ [I_{ai}^s] &= [\Psi] ([U] + [Z^s][\Psi])^{-1} [E_{ai}^s] & \Lambda_{\angle} \end{aligned} \quad (5.2)$$

上式に於いて

$$[Z^s] = \begin{bmatrix} Z_{00}^s & 0 & 0 \\ 0 & Z_{10}^s & 0 \\ 0 & 0 & Z_{20}^s \end{bmatrix} \quad \Omega_{\angle}$$

$$[\Psi] = \begin{bmatrix} Y_{00} & Y_{12} & Y_{21} \\ Y_{01} & Y_{10} & Y_{22} \\ Y_{02} & Y_{11} & Y_{20} \end{bmatrix} \quad \Omega_{\angle}$$

$$[E_{ai}^s] = \begin{bmatrix} 0 \\ E_{a1}^s \\ 0 \end{bmatrix} \quad V_{\angle}$$

であるから

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} V_{a0}^s \\ V_{a1}^s \\ V_{a2}^s \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 1+Z_{00}^s Y_{00} & Z_{00}^s Y_{12} & Z_{00}^s Y_{21} \\ Z_{10}^s Y_{01} & 1+Z_{10}^s Y_{10} & Z_{10}^s Y_{22} \\ Z_{20}^s Y_{02} & Z_{20}^s Y_{11} & 1+Z_{20}^s Y_{20} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ E_{a1}^s \\ 0 \end{bmatrix} \\ &= \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} (1+Z_{10}^s Y_{10})(1+Z_{20}^s Y_{20}) - Z_{10}^s Z_{20}^s Y_{11} Y_{22} & -(1+Z_{20}^s Y_{20}) Z_{00}^s Y_{12} - Z_{20}^s Z_{00}^s Y_{11} Y_{21} \\ -(1+Z_{20}^s Y_{20}) Z_{10}^s Y_{01} - Z_{10}^s Z_{20}^s Y_{22} Y_{02} & (1+Z_{20}^s Y_{20})(1+Z_{00}^s Y_{00}) - Z_{20}^s Z_{00}^s Y_{21} Y_{02} \\ -(1+Z_{10}^s Y_{10}) Z_{20}^s Y_{02} - Z_{10}^s Z_{20}^s Y_{01} Y_{11} & -(1+Z_{00}^s Y_{00}) Z_{20}^s Y_{11} - Z_{20}^s Z_{00}^s Y_{02} Y_{12} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \begin{bmatrix} -(1+Z_{10}^S Y_{10}) Z_{00}^S Y_{21} - Z_{00}^S Z_{10}^S Y_{12} Y_{22} \\ -(1+Z_{00}^S Y_{00}) Z_{10}^S Y_{22} - Z_{00}^S Z_{10}^S Y_{21} Y_{01} \\ (1+Z_{00}^S Y_{00})(1+Z_{10}^S Y_{10}) - Z_{00}^S Z_{10}^S Y_{01} Y_{12} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ E_{a1}^S \\ 0 \end{bmatrix} \\
& = \frac{E_{a1}^S}{\Delta} \begin{bmatrix} -(1+Z_{20}^S Y_{20}) Z_{00}^S Y_{12} - Z_{20}^S Z_{00}^S Y_{11} Y_{21} \\ (1+Z_{20}^S Y_{20})(1+Z_{00}^S Y_{00}) - Z_{20}^S Z_{00}^S Y_{21} Y_{02} \\ -(1+Z_{00}^S Y_{00}) Z_{20}^S Y_{11} - Z_{20}^S Z_{00}^S Y_{02} Y_{12} \end{bmatrix} V_{\angle}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{但し } \Delta &= (1+Z_{00}^S Y_{00})(1+Z_{10}^S Y_{10})(1+Z_{20}^S Y_{20}) + Z_{00}^S Z_{10}^S Z_{20}^S (Y_{01} Y_{11} Y_{21} + Y_{02} Y_{12} Y_{22}) \\
&\quad - (1+Z_{00}^S Y_{00}) Z_{10}^S Z_{20}^S Y_{11} Y_{22} - (1+Z_{10}^S Y_{10}) Z_{20}^S Z_{00}^S Y_{21} Y_{02} \\
&\quad - (1+Z_{20}^S Y_{20}) Z_{00}^S Z_{10}^S Y_{01} Y_{12} \quad \text{数値 } \Delta \quad (5.3)
\end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^S \\ I_{a1}^S \\ I_{a2}^S \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta} \begin{bmatrix} -Y_{00}[(1+Z_{20}^S Y_{20}) Z_{00}^S Y_{12} - Z_{20}^S Z_{00}^S Y_{11} Y_{21}] + Y_{12}[(1+Z_{20}^S Y_{20})(1+Z_{00}^S Y_{00}) \\ - Z_{20}^S Z_{00}^S Y_{21} Y_{02}] - Y_{21}[(1+Z_{00}^S Y_{00}) Z_{20}^S Y_{11} - Z_{20}^S Z_{00}^S Y_{02} Y_{12}] \\ -Y_{01}[(1+Z_{20}^S Y_{20}) Z_{00}^S Y_{12} - Z_{20}^S Z_{00}^S Y_{11} Y_{21}] + Y_{10}[(1+Z_{20}^S Y_{20})(1+Z_{00}^S Y_{00}) \\ - Z_{20}^S Z_{00}^S Y_{21} Y_{02}] - Y_{22}[(1+Z_{00}^S Y_{00}) Z_{20}^S Y_{11} - Z_{20}^S Z_{00}^S Y_{02} Y_{12}] \\ -Y_{02}[(1+Z_{20}^S Y_{20}) Z_{00}^S Y_{12} - Z_{20}^S Z_{00}^S Y_{11} Y_{21}] + Y_{11}[(1+Z_{20}^S Y_{20})(1+Z_{00}^S Y_{00}) \\ - Z_{20}^S Z_{00}^S Y_{21} Y_{02}] - Y_{20}[(1+Z_{00}^S Y_{00}) Z_{20}^S Y_{11} - Z_{20}^S Z_{00}^S Y_{02} Y_{12}] \end{bmatrix} \Lambda_{\angle} \quad (5.4)$$

電源の中性点接地 Impedance を  $Z_N^S (\Omega)$  とすれば電源中性点  $N^S$  の電位  $V_N^S$  は

$$\begin{aligned}
V_N^S &= 3Z_N^S I_{a0}^S = \frac{3Z_N^S}{\Delta} E_{a1}^S \{ -Y_{00}[(1+Z_{20}^S Y_{20}) Z_{00}^S Y_{12} - Z_{20}^S Z_{00}^S Y_{11} Y_{21}] + Y_{12}[(1+Z_{20}^S Y_{20})(1+Z_{00}^S Y_{00}) \\
&\quad - Z_{20}^S Z_{00}^S Y_{21} Y_{02}] - Y_{21}[(1+Z_{00}^S Y_{00}) Z_{20}^S Y_{11} - Z_{20}^S Z_{00}^S Y_{02} Y_{12}] \} \\
&\quad \cdot (1+Z_{00}^S Y_{00}) - Z_{20}^S Z_{00}^S Y_{21} Y_{02} \} - Y_{21} \{ (1+Z_{00}^S Y_{00}) Z_{20}^S Y_{11} - Z_{20}^S Z_{00}^S Y_{02} Y_{12} \} \\
&\quad V_{\angle} \quad (5.5)
\end{aligned}$$

となる。

今簡単のために電源のみの零相 Impedance, 第1正相 Impedance 及び第2正相 Impedance を無視すれば (5.3), (5.4) 及び (5.5) 式は夫々

$$\begin{bmatrix} V_a^S \\ V_a^S \\ V_{a2}^S \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{1+3Z_N^S Y_{00}} \begin{bmatrix} -3Z_N^S Y_{12} \\ 1+3Z_N^S Y_{00} \\ 0 \end{bmatrix} = E_{a1}^S \begin{bmatrix} -\frac{3Z_N^S Y_{12}}{1+3Z_N^S Y_{00}} \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} V_{\angle} \quad (5.6)$$

$$\begin{aligned}
\begin{bmatrix} I_{a0}^S \\ I_{a1}^S \\ I_{a2}^S \end{bmatrix} &= \frac{E_{a1}^S}{1+3Z_N^S Y_{00}} \begin{bmatrix} -3Z_N^S Y_{00} Y_{12} + (1+3Z_N^S Y_{00}) Y_{12} \\ -3Z_N^S Y_{01} Y_{12} + (1+3Z_N^S Y_{00}) Y_{10} \\ -3Z_N^S Y_{02} Y_{12} + (1+3Z_N^S Y_{00}) Y_{11} \end{bmatrix} \\
&= \frac{E_{a1}^S}{1+3Z_N^S Y_{00}} \begin{bmatrix} Y_{12} \\ -3Z_N^S Y_{01} Y_{12} + (1+3Z_N^S Y_{00}) Y_{10} \\ -3Z_N^S Y_{02} Y_{12} + (1+3Z_N^S Y_{00}) Y_{11} \end{bmatrix} \Lambda_{\angle} \quad (5.7)
\end{aligned}$$

$$V_N^s = \frac{-3Z_N^s Y_{12}}{1+3Z_N^s Y_{00}} E_{a1}^s \quad V_{\angle} \quad (5.8)$$

となる。(5.8)式から判る様に中性点電位は零ではない。而して Admittance の零相 Admittance の零相分  $Y_{00}$  が大きい程中性点電位は小さく第1正相 Admittance の第2正相分  $Y_{12}$  が大きい程大きくなる。又中性点接地 Impedance  $Z_N^s$  が零から大きくなるにつれて中性点電位は零から段々大きくなり  $Z_N^s$  が無限大となれば即ち中性点が非接地となれば  $-\frac{Y_{12}}{Y_{00}} E_{a1}^s$  ( $V_{\angle}$ ) となる。零相端子電位は中性点端子電位に等しいが是は電源のみの零相 Impedance の零相分  $Z_{a0}^s$  を無視したからである。同様に電源の第1正相 Impedance の零相分  $Z_{10}^s$  を無視したから電源端子の第1正相電位は電源の第1正相起電力に等しくなり電源の第2正相 Impedance の零相分  $Z_{20}^s$  を無視したから電源の第2正相端子電位が零となるのである。

此の系統が消弧装置で補償されて居て完全に同調して居るとすれば電源中性点接地 Impedance  $Z_N^s$  及び Admittance の零相 Admittance の零相分  $Y_{00}$  中に損失が全然無いときには

$$1+3Z_N^s Y_{00}=0 \quad \text{数値}_{\angle}$$

従つて端子電位は

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^s \\ V_{a1}^s \\ V_{a2}^s \end{bmatrix} = E_{a1}^s \begin{bmatrix} -\infty \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad V_{\angle} \quad (5.9)$$

第1正相及び第2正相端子電位は共に非同調の場合と変りないが零相端子電位は無限大となる。従つて端子電位  $V_a^s$  も無限大となり機器の絶縁は破壊される。電源から流出する電流は

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^s \\ I_{a1}^s \\ I_{a2}^s \end{bmatrix} = E_{a1}^s \begin{bmatrix} \infty \\ -\infty \\ -\infty \end{bmatrix} \quad A_{\angle} \quad (5.10)$$

線電流の3対称分は皆無限大となる。従つて線電流  $I_a^s$  も無限大となり機器の過熱を生ずる。電源中性点電位は

$$V_N^s = -\infty E_{a1}^s \quad V_{\angle} \quad (5.11)$$

電源中性点電位は無限大となる。

(5.10)式から判る様に系統が同調して居ると電源から眺めた系統の第1正相回路が零相回路に及ぼす相互 Admittance, 第1正相回路の自己 Admittance 及び第1正相回路が第2正相回路に及ぼす相互 Admittance が皆無限大で此の3対称分回路は皆直列共振をなして居るのである。

実際の系統に於いては中性点接地 Impedance  $Z_N^s$  は実効抵抗を含み又並列 Admittance も実効漏洩 Conductance を含むから零相回路は無損失ではない。従つて消弧装置補償系統に於いて直列共振現象が起つても端子電位と線電流とが無限大となることは無い。即ち  $Z_N^s$  の実効抵抗を  $r_N^s$  ( $\Omega_{\angle}$ ) とし  $Y_{00}$  の実効 Conductance を  $g_{00}$  ( $\text{ひ}_{\angle}$ ) とすれば

$$\begin{aligned}
 1 + 3Z_N^s Y_{00} &= (1 - \omega^2 3I_N^s c_{00}) + 3[r_N^s g_{00} + j\omega(r_N^s c_{00} + g_{00}l_N^s)] \\
 &= 3[r_N^s g_{00} + j\omega(r_N^s c_{00} + g_{00}l_N^s)] = R \quad \text{数値} \angle \quad (5.12)
 \end{aligned}$$

従つて同調して居れば

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} V_{a0}^s \\ V_{a1}^s \\ V_{a2}^s \end{bmatrix} &= \frac{E_{a1}^s}{R} \begin{bmatrix} -3Z_N^s Y_{12} \\ R \\ 0 \end{bmatrix} = E_{a1}^s \begin{bmatrix} -\frac{(R-1)Y_{12}}{RY_{00}} \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad V \angle \\
 \begin{bmatrix} I_{a0}^s \\ I_{a1}^s \\ I_{a2}^s \end{bmatrix} &= \frac{E_{a1}^s}{R} \begin{bmatrix} Y_{12} \\ -3Z_N^s Y_{01} Y_{12} + RY_{10} \\ -3Z_N^s Y_{02} Y_{12} + RY_{11} \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^s}{R} \begin{bmatrix} Y_{12} \\ -\frac{R-1}{Y_{00}} Y_{01} Y_{12} + RY_{10} \\ -\frac{R-1}{Y_{00}} Y_{02} Y_{12} + RY_{11} \end{bmatrix} \\
 &= E_{a1}^s \begin{bmatrix} \frac{Y_{12}}{R} \\ -\frac{(R-1)Y_{01}Y_{12}}{RY_{10}} + Y_{10} \\ -\frac{(R-1)Y_{02}Y_{12}}{RY_{00}} + Y_{11} \end{bmatrix} \quad A \angle \quad (5.13)
 \end{aligned}$$

$$V_N^s = -\frac{3Z_N^s Y_{12}}{R} E_{a1}^s = -\frac{(R-1)Y_{12}}{RY_{00}} E_{a1}^s \quad V \angle \quad (5.14)$$

上式から判る様に零相端子電位も中性点電位も無限大となることはない。線電流も同様である。

実際の送電線路に於いては一般に  $R$  が小さいから端子電位も中性点電位も相当に上昇し線電流も大きくなる。上式から判る様に消弧装置補償系統に於ける直列共振現象は

$$u = \frac{Y_{12}}{Y_{00}} = \frac{Y_{a1} + \gamma^2 Y_{b1} + \gamma^2 Y_{c1}}{Y_{a0} + Y_{b0} + Y_{c0}} \quad \text{数値} \angle$$

なる値即ち系統の第1正相 Admittance の第2正相分が零相 Admittance の零相分に対する比の大きい程甚しい。此の  $u$  を % で表したものを百分率非対称度と云う。系統が完全に対称であれば  $Y_{12} = 0$  であるから直列共振現象は起らない。之は当然である。燃架が十分でない線路では  $u$  の値は10%に達することがあるし逆に燃架を十分にすることによつて1%以下にも減じ得る。独乙の V. D. E. の規定に依れば電線配置が3角形の場合には亘長80km 毎に一完全燃架を、直線配置では 40km 毎に一完全燃架を行うことになつて居るが実際には更に多くの燃架を行つて  $u$  の値を低減する様に務めて居る。我が国では燃架が十分でないので中性点の残留電圧が高いことが多い。尚非対称度は線路の1相の開閉器のみが開放されて居る様な状態では 50%, 2 相の開閉器が開放されて居ると100%となる 従つて1線或いは2線断線時には強勢な直列共振現象が起り得るのである。

実際では  $R$  を大きくして直列共振現象を抑圧することが行はれて居るし且つ  $Z_N^s$  は鉄心が有り之が飽和するから普通の場合中性点電位は相電圧以上に大きくなる様なことは無い。

但し消弧線輪鉄心の飽和によつて直列共振による異常高電圧を抑圧せんとして鉄心を定格電圧以下又は其の附近で飽和させることは望ましいことでない。何となれば定格電圧以下又は其の附近で鉄心を飽和せしめると消弧電流中に高調波を発生して消弧作用を害し且つ線路の非対称度が非常に大きくなれば鉄心飽和状況に依つては跳躍現象を生じて中性点電位が急激に上昇すると共に其の位相が急変して恐る可き障害となり得ることも有るからである。

尙實際の送電線路に於いては系統の実効抵抗が小さいから系統の共振曲線は相当尖鋭である。従つて系統の僅かな非同調度に於いても著しく零相端子電位と中性点電位の上昇を抑圧し線電流の増大を防ぐことが出来ることになる。是中性点接地 Impedance に Jonas の非共振線輪が採用されることの起り得る所以である。電源のみの対称分 Impedance は  $Z_N$  に比して十分小さいから是を考慮にとつても現象は前述のものと大差はない。

斯様にして消弧装置補償系統に於いて線路の非対称に起因する直列共振現象が生ずるけれども其の結果起る端子電位の異状上昇と充電々流の増大とは跳躍現象の場合を除いては左程恐れる程ではない。併し常時零相電流を流すから近接した他系統に誘導障害を与える。特に近接弱電流線路に誘導障害を与えるので此の見地から直列共振現象を生ずることを防止しなければならない。

## 第6節 2線地絡故障に於ける消弧線輪の動作

第3節〔例3・1〕に於ける様に〔例2・1〕で取扱つた完全対称3相系に於いて受電端でb及びcの両線に地絡故障が生じた場合を考えよう。

簡単のために両線とも完全に地絡されて居るとすれば地絡電流は〔例3・1〕(19)式

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^p \\ I_{a1}^p \\ I_{a2}^p \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^s}{\Delta'} \begin{bmatrix} -(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{10}^RZ_{20}^R \\ (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^RZ_{10}^R + (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{10}^RZ_{20}^R \\ -(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^RZ_{10}^R \end{bmatrix} \quad \Lambda_Z$$

但し  $\Delta' = (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{10}S_{20}Z_{10}^RZ_{20}^R + (S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)S_{20}S_{00}Z_{20}^RZ_{00}^R$   
 $+ (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}S_{10}Z_{00}^RZ_{10}^R \quad \Omega^5_Z \quad (6.1)$

で与えられる。但し上式中のS及びTは第4節(4.1)式中で示されるものと全く同じものである。

若し此の系統の零相回路には損失が皆無で消弧条件  $S_{00} + T_{00}Z_{00}^R = 0$  が完全に満たされて居るとすれば地絡電流は

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^p \\ I_{a1}^p \\ I_{a2}^p \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^s}{\Delta'_0} \begin{bmatrix} 0 \\ (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^RZ_{10}^R \\ -(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^RZ_{10}^R \end{bmatrix}$$

但し  $\Delta'_0 = (S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)S_{20}S_{00}Z_{20}^RZ_{00}^R + (S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)S_{00}S_{10}Z_{00}^RZ_{10}^R$   
 $\Omega^5_Z \quad (6.2)$

となり零相地絡電流は零となるけれども第1正相及び第2正相の両地絡電流は零とならない。



上式から健全相の  $a$  の地絡電流は零となるけれども直接々地をなされた  $b$  及び  $c$  の両相に於ける地絡電流は零ではないことが判る。然も是は短絡性の大電流となる。

地絡点の電位は (18) 式から

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^R \\ V_{a1}^R \\ V_{a2}^R \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta'_0} \begin{bmatrix} S_{20}S_{00}Z_{10}^R Z_{20}^R \\ // \\ // \end{bmatrix} \quad V_{\angle} \quad (6.3)$$

従つて完全に地絡された端子  $R_b$  及び  $R_c$  に於いては電位が共に零となる。

負荷の線電流は (17) 式から

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta'} \begin{bmatrix} S_{20}S_{00}Z_{10}^R Z_{20}^R \\ // \\ // \end{bmatrix} \quad A_{\angle} \quad (6.4)$$

依つて負荷が同期機のような回轉機であれば 2 線地絡故障発生と同時に負荷は逆回轉を始めることになる。

上記の事から 2 線地絡故障に対しては消弧線輪は殆んど用をなさないことが判る。零相回路の共振が何等有効に利用されて居らないから当然の帰結と云はねばならない。

#### 第7節 消弧条件に対する考察並に新方式消弧装置

第2節〔例2.1〕で取扱つた完全対称3相系に於いて同例に同じく受電端で  $a$  線に完全地絡故障が起つたとすれば地絡電流は同例の (19) 式

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^P \\ I_{a1}^P \\ I_{a2}^P \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta'} \begin{bmatrix} (S_{10}+T_{10}Z_{10}^R)(S_{20}+T_{20}Z_{20}^R)Z_{00}^R & (S_{20}+T_{20}Z_{20}^R)(S_{00}+T_{00}Z_{00}^R)Z_{10}^R \\ // & // \\ // & // \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ E_{a1}^S \\ 0 \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta'} \begin{bmatrix} (S_{20}+T_{20}Z_{20}^R)(S_{00}+T_{00}Z_{00}^R)Z_{10}^R \\ // \\ // \end{bmatrix} \quad A_{\angle}$$

$$\text{但し } \Delta' = (S_{00}+T_{00}Z_{00}^R)(S_{10}+T_{10}Z_{10}^R)S_{20}Z_{20}^R + (S_{10}+T_{10}Z_{10}^R)(S_{20}+T_{20}Z_{20}^R)S_{00}Z_{00}^R \\ + (S_{20}+T_{20}Z_{20}^R)(S_{00}+T_{00}Z_{00}^R)S_{10}Z_{10}^R \quad \Omega^2 \angle$$

$$\begin{bmatrix} S_{00} \\ S_{10} \\ S_{20} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{00}^S(1+\frac{1}{2}Y_{00}Z_{00})+Z_{00}(1+\frac{1}{4}Y_{00}Z_{00}) \\ Z_{10}^S(1+\frac{1}{2}Y_{10}Z_{10})+Z_{10}(1+\frac{1}{4}Y_{10}Z_{10}) \\ Z_{20}^S(1+\frac{1}{2}Y_{20}Z_{20})+Z_{20}(1+\frac{1}{4}Y_{20}Z_{20}) \end{bmatrix} \quad \Omega_{\angle}$$

$$\begin{bmatrix} T_{00} \\ T_{10} \\ T_{20} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + (Z_{00}^S + \frac{1}{2}Z_{00})Y_{00} \\ 1 + (Z_{10}^S + \frac{1}{2}Z_{10})Y_{10} \\ 1 + (Z_{20}^S + \frac{1}{2}Z_{20})Y_{20} \end{bmatrix} \quad \text{数値} \angle \quad (7.1)$$

で与えられる。上式から判る様に地絡電流が零となるには

$$(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)Z_{10}^R = 0 \quad \Omega^3 \angle$$

なることを要する。然るに負荷の第1正相 Impedance の零相分  $Z_{10}^R$  は一般には零でないから

$$(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R) = 0 \quad \Omega^2 \angle \quad (7.2)$$

なるとき地絡電流が零となることになる。依つて消弧条件としては

$$\begin{aligned} S_{20} + T_{20}Z_{20}^R &= 0 \\ S_{00} + T_{00}Z_{00}^R &= 0 \quad \Omega \angle \end{aligned} \quad (7.3)$$

の二つある。

後者は第4節に詳述した様に Petersen 博士の消弧線輪或いは Bauch 博士の消弧変圧器に於いて採用されて居り零相回路の直列共振を利用することになるものである。

消弧条件を

$$S_{20} + T_{20}Z_{20}^R = 0 \quad \Omega \angle \quad (7.4)$$

とすればどうであらうか。

此の場合には消弧条件が  $S_{00} + T_{00}Z_{00}^R = 0$  と相似であるから第2正相回路の直列共振を利用することになることは直ちに推理出来る。簡単のために第2正相回路に於いても損失が皆無であるとし

$$\begin{aligned} [Z_{20}^S \ Z_{20} \ Z_{20}^R] &= j\omega [L_{20}^S \ L_{20} \ L_{20}^R] \quad \Omega \angle \\ [Y_{20}] &= j\omega [c_{20}] \quad \cup \angle \end{aligned} \quad (7.5)$$

と置く。但し  $L_{20}^S$ ,  $L_{20}$  及  $L_{20}^R$  は夫々電源、線路及び負荷の第2正相 Inductanceの零相分(H)で  $c_{20}$  は線路の第2正相静電容量の零相分(F)である。然らば

$$\begin{aligned} S_{20} + T_{20}Z_{20}^R &= [j\omega L_{20}^S(1 + \frac{1}{2}\omega^2 c_{20}L_{20}) + j\omega L_{20}(1 + \frac{1}{2}\omega^2 c_{20}L_{20})] \\ &\quad + j\omega[1 - \omega^2(L_{20}^S + \frac{1}{2}L_{20})c_{20}]L_{20}^R \\ &= j\omega[(L_{20}^S + \frac{1}{2}L_{20}) + (\frac{1}{2}L_{20} + L_{20}^R)] [1 - \omega^2 \frac{(L_{20}^S + \frac{1}{2}L_{20})(\frac{1}{2}L_{20} + L_{20}^R)}{(L_{20}^S + \frac{1}{2}L_{20}) + (\frac{1}{2}L_{20} + L_{20}^R)} c_{20}] \quad \Omega \angle \end{aligned}$$

依つて

$$S_{20} + T_{20}Z_{20}^R = j\omega[(L_{20}^S + \frac{1}{2}L_{20}) + (\frac{1}{2}L_{20} + L_{20}^R)](1 - \omega^2 L_{20}c_{20}) \quad \Omega \angle$$

但し

$$L_{20} = \frac{(L_{20}^S + \frac{1}{2}L_{20})(\frac{1}{2}L_{20} + L_{20}^R)}{(L_{20}^S + \frac{1}{2}L_{20}) + (\frac{1}{2}L_{20} + L_{20}^R)} \quad \text{H} \quad (7.6)$$

上式に於いて一般には  $(L_{20}^S + \frac{1}{2}L_{20}) + (\frac{1}{2}L_{20} + L_{20}^R) \neq 0$  (H) であるから消弧条件  $S_{20} + T_{20}Z_{20}^R = 0$  が満足されるためには

$$1 - \omega^2 L_{20}c_{20} = 0 \quad \text{数値} \angle \quad (7.7)$$

なることが必要である。換言すれば消弧条件の(7.4)式は並列 Admittance [Y] が接続さ

れた点  $A_1$  から眺めた系統の第2正相合成 Inductance の零相分  $L_{20}$  (H) と線路の第2正相静電容量の零相分  $C_{20}$  (F) とが直列共振をなして居ることを意味する。

消弧条件が  $S_{00} + T_{00}Z_{00}^R = 0$  なるときは零相回路が共振して居るのであるが  $S_{20} + T_{20}Z_{20}^R = 0$  では第2正相回路が共振して居るのである。消弧条件 (7.4) 式が満足されて居れば故障点である受電端の電位は第2節〔例2.1〕(18) 式から

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} V_{a0}^R \\ V_{a1}^R \\ V_{a2}^R \end{bmatrix} &= \frac{E_{a1}^S}{(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)S_{20}Z_{20}^R} \begin{bmatrix} 0 \\ (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{10}^RZ_{20}^R \\ -(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{10}^RZ_{20}^R \end{bmatrix} \\ &= \frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} E_{a1}^S \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} \quad V_{\angle} \quad (7.8) \end{aligned}$$

となる。即ち第1正相及び第2正相の両電位は大きさ相等しく且つ逆位相にあり零相電位は零である。

従つて端子  $R_a$  の電位  $V_a^R$  は零となつて地絡電流は零であつても  $R_a$  が完全接地状態にあることに変わりがない。

(27) 式によれば  $\frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} E_{a1}^S (V_{\angle})$  は系統が健全なときの端子  $R_a$  に現はれる電位即ち  $R_a$  の第1正相電位であるから消弧条件  $S_{20} + T_{20}Z_{20}^R = 0$  が満足されて居ると被地絡端子  $R_a$  の第一正相電位は故障に無関係に系統が健全なときの状態を保持する。而して系統が健全なときには零相電位は勿論零であるから  $R_a$  の零相電位も故障に無関係に系統が健全なときの状態を保持して居る。

負荷電流は (17) 式から

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} &= \frac{E_{a1}^S}{(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)S_{20}Z_{20}^R} \begin{bmatrix} 0 \\ (S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{10}^RZ_{20}^R \\ -(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{10}^RZ_{20}^R \end{bmatrix} \\ &= \frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} E_{a1}^S \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{Z_{10}^R} \\ -\frac{1}{Z_{20}^R} \end{bmatrix} \quad A_{\angle} \quad (7.9) \end{aligned}$$

上式から判る様に負荷の零相線電流は零で負荷には  $\frac{E_{a1}^S}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} (A_{\angle})$  なる第1正相線電流が流入する。即ち零相線電流及び第1正相線電流は故障には無関係に系統が健全なときの状態を保持して居る。然し負荷には  $-\frac{Z_{10}^R}{(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)Z_{20}^R} E_{a1}^S (A_{\angle})$  なる線電流が流入して居り第2正相線電流が零でないから負荷の第2正相端子電位が零でないことと相

俟つて系統が故障状態にあることを示して居る。

只負荷に流入する第1正相線電流が正常値を保ち又第2正相線電流も零でないから被地絡相の $a$ が地絡端子 $R_a$ で短絡されて居るのではないことが明かである。

但し茲に最も注意を要するのは負荷の線電流に第2正相分を含むと云うことである。若し第2正相線電流が第1正相線電流よりも大であれば負荷に於ける相回転は第2正相式となり1線地絡故障の発生と同時に負荷の回轉機は逆回轉を開始する。第2正相線電流が左程大きくなくても負荷の線電流に第2正相分を含むときは負荷の回轉機が逆回轉力を発生するのみならず負荷の線電流に甚しい不平衡を生ずるからである。

一般の回轉機に於いては第2正相 Impedance は第1正相 Impedance の40%前後で頗る小さい。従つて負荷が若し回轉機のみであれば(7.9)式から判る様に第2正相線電流は第1正相線電流の250%にも達し負荷の相回転は第2正相式となつて1線地絡事故の発生と共に負荷は重大な障害を受けることになる。負荷回轉機が有効電力を消費しつつあるときは第1正相 Impedance は第2正相 Impedance より相当小さいから此の様なことはないけれども逆回轉力が生ずると云うことと負荷の線電流に甚しい不平衡を生ずると云うことは負荷にとつて甚だ好ましくない事柄である。

然るに若し例えば別宮、漆川兩氏の考案になる第2正相 Impedance が甚だ大きい交流機〔7.1〕を受電端に於いて負荷に直列に接続して置くならば負荷の第2正相線電流を十分小さくすることが出来然も消弧装置の威力を十分に發揮せしめることが出来る。

受電端に斯の如き設備を施すならば消弧装置の本來の性質により1線地絡故障の際にも負荷の第1正相線電流は故障に無關係に系統が健全なときの状態を保持し且つ零相線電流も故障に無關係に常に零で系統が健全な場合の状態を保持するから故障に関らず送電を継続することが可能になる。然も零相線電流は零であるから送電を継続しても近接する他系統へ誘導障害を及ぼすことが無い。

次に地絡電流抑制の機構を觀るに電源側から地絡点[P]に向つて流入して來る線電流は(20)式から

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^Z \\ I_{a1}^Z \\ I_{a2}^Z \end{bmatrix} = \frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10} Z_{10}^R} E_{a1}^S \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{Z_{10}^R} \\ \frac{T_{20}}{S_{20}} \end{bmatrix} \quad A \angle \quad (7.10)$$

然るに  $\frac{T_{20}}{S_{20}} = -\frac{1}{Z_{20}^R} (U \angle)$  であるから

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^Z \\ I_{a1}^Z \\ I_{a2}^Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} \quad A \angle$$

従つて電源側から故障点に向つて流入して來る線電流 $[I_{a1}^R]$ は地絡枝に全く無關係に其のまま悉く負荷側に流れ去ることになる。是は消弧条件が  $S_{00} + T_{00} Z_{00}^R = 0$  なる場合と全く同様である。

其の電氣的な意味を考えるに(7.1)式から判る様に第1正回路に於いては電源から地絡

枝を眺めるとき地絡枝の自己 Admittance  $Y_{10}^P$  が零であり且つ零相及び第2正相の両回路中に起電力が無いから第1正相地絡枝中の電流  $I_{a1}^P$  が零となるのは当然である。零相回路に於いては地絡枝電流は第1正相地絡枝が零相地絡枝に及ぼす相互 Admittance のみに依つて生ずるのであるが電源から地絡枝を眺めるとき此の相互 Admittance  $Y_{12}^P$  が零であるから零相地絡枝中に電流が流れない。此の事から第1正相回路は系統が健全なときの電位及び電流を保持し零相回路中では電位及び電流が至る所で零であることが推理される。

第2正相回路に於いても地絡枝電流は第1正相地絡枝が第2正相地絡枝に及ぼす相互 Admittance のみに依つて生ずるのであるが電源から地絡枝を眺めるとき此の相互 Admittance  $Y_{11}^P$  が零であるから第2正相地絡枝中にも電流が流れないのである。但し第2正相回路は直列共振をなして居るので零相及び第1正相の両回路と模様が異なる。第2正相回路に於いて電源側から地絡枝に流入する第2正相線電流は  $-\frac{Z_{10}^R}{(S_{10}+T_{10}Z_{10}^R)Z_{20}^R} E_{a1}^S (\Delta\angle)$  であつて線

路の第2正相 Admittance の零相分  $Y_{20}$  のために第1正相回路の地絡点  $P_{a1}$  に於ける電位  $\frac{E_{a1}^S}{S_{10}+T_{10}Z_{10}^R} (V\angle)$  に対して容量性である。一方第2正相負荷側からは  $-I_{a2}^R = \frac{Z_{10}^R}{(S_{10}+T_{10}Z_{10}^R)Z_{20}^R} E_{a1}^S (\Delta\angle)$  なる誘導性の線電流が第2正相地絡枝中に流入して来る。従つて第2正相地絡枝に流入して来る此の両電流は逆位相にあり且つ大きさも相等しいことになる。依つて第2正相地絡枝中の合成電流が零となるのである。

此の地絡電流抑制の機構は零相回路の直列共振を利用する場合と全く同じであつて第2正相回路の直列共振を利用する場合も地絡枝から眺めるとき第2正相回路は並列共振をなして居る。

並列 Admittance が接続されて居る  $[A_i]$  から電源に至る間の電位及び電流の分布は

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^A \\ V_{a1}^A \\ V_{a2}^A \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{S_{10}+T_{10}Z_{10}^R} \begin{bmatrix} 0 \\ Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10} \\ -\frac{Z_{10}^R}{Z_{20}^R} (Z_{20}^R + \frac{1}{2}Z_{20}) \end{bmatrix} \quad V\angle \quad (7.11)$$

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^A \\ I_{a1}^A \\ I_{a2}^A \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{S_{10}+T_{10}Z_{10}^R} \begin{bmatrix} 0 \\ Y_{10}(Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10}) \\ -\frac{Z_{10}^R}{Z_{20}^R} (Z_{20}^R + \frac{1}{2}Z_{20}) Y_{20} \end{bmatrix} \quad A\angle \quad (7.12)$$

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^S \\ I_{a1}^S \\ I_{a2}^S \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{S_{10}+T_{10}Z_{10}^R} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 + (Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10}) Y_{10} \\ \frac{Z_{10}^R}{S_{20}} \end{bmatrix} \quad A\angle \quad (7.13)$$

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^S \\ V_{a1}^S \\ V_{a2}^S \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{S_{10}+T_{10}Z_{10}^R} \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{2}Z_{10} + (1 + \frac{1}{2}Y_{10}Z_{10})(Z_{10}^R + \frac{1}{2}Z_{10}) \\ -[1 + \frac{1}{2}(\frac{1}{Z_{20}^R} - \frac{1}{S_{20}})Z_{20}]Z_{10}^R \end{bmatrix} \quad V\angle \quad (7.14)$$

而して電源中性点電位  $V_N^S$  及び負荷中性点電位  $V_N^R$  は

$$V_N^S = V_N^R = 0 \quad V_L \quad (7.15)$$

となる。(7.11) 乃至 (7.14) 式は  $[A_i]$  点から電源にかけて第1正相電位と第1正相線電流とは矢張り故障に無関係に系統が健全なときの状態を保持し且つ零相電位と零相線電流も亦故障には無関係に至る所零で系統が健全な状態を保持することを示す。然も前記の様に第2正相 Impedance が十分大なる交流機を受電端に於いて負荷に直列に接続し合成負荷の第2正相 Impedance を充分に大きくして置くならば第2正相電位を十分小さく出来て何れの点に於いても電位が異常に上昇することも無く且つ第2正相線電流をも十分に小さくすることが出来ることになる。而して零相線電流が零であること従つて中性点電位が零であるから系統中性点を直接々地方式としても何等支障がない。

以上述べたことを通観するに消弧条件  $S_{20} + T_{20}Z_{20}^R = 0$  が満足されて居ると1線完全地絡故障の際には第1正相回路は故障に無関係に系統が健全なときと全く同様に仿作し又零相回路も系統が健全なときと全く同様に仿作し故障に無関係に零相電位と零相線電流とは至る所で零となる。而して受電端に於いて負荷に直列に第2正相 Impedance が十分大なる交流機を接続して置けば第2正相電位と第2正相線電流とを十分に小さくすることが出来るので地絡点に於いて故障相の電位が零となることの外は系統に於ける故障状態が殆んど無くなつてしまうのである。

零相線電流が零であり中性点電位が零であるから必要によつては系統の中性点を直接々地式とすることも出来ることになる。

消弧条件が  $S_{00} + T_{00}Z_{00}^R = 0$  の場合には零相回路の直列共振を利用するから第2正相回路は故障に無関係であるけれども零相電流が流れるから近接する他系統に誘導障害を与え而も系統中性点を直接々地方式と出来ないのに比べて消弧条件が  $S_{20} + T_{20}Z_{20}^R = 0$  の場合には第2正相回路の共振現象を利用するのであるから是等の欠陥を完全に除去することが出来る非常な利益を得る。

#### (α) 地絡 Admittance の影響

第2正相回路中に損失が皆無ならば1線不完全地絡故障の際に地絡電流は(10)式から

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^P \\ I_{a1}^P \\ I_{a2}^P \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\frac{1}{3}Y^P(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)(S_{10} + T_{10}Z_{10}^R)S_{20}Z_{20}^R} \begin{bmatrix} \frac{1}{3}Y^P(S_{20} + T_{20}Z_{20}^R)(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)Z_{10}^R \\ // \\ // \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad A_L \quad (7.a1)$$

となり矢張り零である。従つて地絡電流は地絡枝 Admittance  $Y^P$  に無関係である。

故障点の電位は (9) 式から

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^R \\ V_{a1}^R \\ V_{a2}^R \end{bmatrix} = \frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10}Z_{10}^R} E_{a1}^S \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} \quad V_L \quad (7.a2)$$

負荷の線電流は(8)式から

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} = \frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10} Z_{10}^R} \dot{E}_{a1}^S \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{Z_{10}^R} \\ -\frac{1}{Z_{20}^R} \end{bmatrix} \quad \text{A} \angle \quad (7 \cdot a3)$$

となり負荷仿作状況は地絡枝 Admittance  $Y^P$  には全く無関係で完全地絡の場合に全く同じである。

此のことが系統全体に就いて云へることは勿論である。

#### (b) 損失の影響

第2正相回路中に損失があり回路定数は

$$\begin{bmatrix} Z_{20}^S \\ Z_{20} \\ Z_{20}^R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{20}^S + j\omega L_{20}^S \\ r_{20} + j\omega L_{20} \\ r_{20}^R + j\omega L_{20}^R \end{bmatrix} \quad \Omega \angle$$

$$[Y_{20}] = [g_{20} + j\omega c_{20}] \quad \text{U} \angle \quad (7 \cdot b1)$$

なる形で表はされるものとする。但し上式に於いて  $r_{20}^S$ ,  $r_{20}$  及び  $r_{20}^R$  は夫々電源、線路及び負荷の第2正相実効抵抗の零相分であつて  $g_{00}$  は線路の並列 Admittance 中に於ける第2正相実効 Conductance の零相分である。然らば第2正相回路が直列共振をなして居る場合には

$$\begin{aligned} S_{20} + T_{20} Z_{20}^R &= R \\ &= \{ (r_{20}^S + \frac{1}{2} r_{20}) + (\frac{1}{2} r_{20} + r_{20}^R) \} + (r_{20}^S + \frac{1}{2} r_{20}) (\frac{1}{2} r_{20} + r_{20}^R) g_{00} \\ &\quad - \omega^2 [ (r_{20}^S + \frac{1}{2} r_{20}) (\frac{1}{2} L_{20} + L_{20}^R) c_{20} + g_{20} (L_{20}^S + \frac{1}{2} L_{20}) (\frac{1}{2} L_{20} + L_{20}^R) + (\frac{1}{2} r_{20} + r_{20}^R) (L_{20}^S + \frac{1}{2} L_{20}) c_{20} ] \\ &\quad + j\omega [ (r_{20}^S + \frac{1}{2} r_{20}) g_{20} (\frac{1}{2} L_{20} + L_{20}^R) + (\frac{1}{2} r_{20} + r_{20}^R) g_{20} (L_{20}^S + \frac{1}{2} L_{20}) + (\frac{1}{2} r_{20} + r_{20}^R) \\ &\quad \cdot (L_{20}^S + \frac{1}{2} L_{20}) c_{20} ] \quad \Omega \angle \quad (7 \cdot b2) \end{aligned}$$

$R$ は勿論零ではない。

故に受電端子  $R_a$  が直接々地をなされて居るときは地絡電流は

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^P \\ I_{a1}^P \\ I_{a2}^P \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta'_2} \begin{bmatrix} R(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) Z_{10}^R \\ // \\ // \end{bmatrix} \quad \text{A} \angle$$

$$\begin{aligned} \text{但し } \Delta'_2 &= (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R)(S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) S_{20} Z_{20}^R + R[(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{10} Z_{10}^R \\ &\quad + (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) S_{00} Z_{00}^R] \quad \Omega^4 \angle \quad (7 \cdot b3) \end{aligned}$$

となり零で無くて残留電流を生ずる。残留電流は第2正相回路の損失の函数であつて系統が健全なとき故障点に現れる電位と同相にないことは云う迄も無い。残留電流が最小になるのは  $R$  の大きさが最小となる場合であるから第2正相回路が完全なる同調から幾分外れて居るときである。是等の性質に就いては消弧条件が  $S_{00} + T_{00} Z_{00}^R = 0$  なる場合と変らない。

実際の送電線路に於いては電線の並列 Admittance 中に於ける実効 Conductanceが極めて小さく且つ並列 Susceptance 及び実効抵抗も小さいからRは小さく従つて残留電流は十分小さくなつて消弧に支障を來すことはない。而も受電端に於いて負荷に直列に十分大きい第2正相 Impedance を接続して置くならば綜合負荷の第2正相 Impedance の零相分  $Z_{20}^R$ が十分大となるから残留電流を愈々小さくすることが出来るのである。

比の場合負荷の電位及び電流は

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^R \\ V_{a1}^R \\ V_{a2}^R \end{bmatrix} = \frac{Z_{10}^R}{\Delta_2'} E_{a1}^S \begin{bmatrix} -RS_{00}Z_{00}^R \\ (S_{00}+T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{20}^R+RS_{00}Z_{00}^R \\ -(S_{00}+T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{20}^R \end{bmatrix} \quad V_{\angle} \quad (7 \cdot b4)$$

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} = \frac{Z_{10}^R}{\Delta_2'} E_{a1}^S \begin{bmatrix} -RS_{00} \\ \frac{1}{Z_{10}^R}[(S_{00}+T_{00}Z_{00}^R)S_{20}Z_{20}^R+RS_{00}Z_{00}^R] \\ -(S_{00}+T_{00}Z_{00}^R)S_{20} \end{bmatrix} \quad A_{\angle} \quad (7 \cdot b5)$$

となる。上式から判る様に第1正相負荷は最早や系統が健全なときの状態を保持しないし又零相負荷も端子電位と線電流とが零でなく系統が健全なときの状態ではない。零相及び第1正相の両負荷が系統の健全なときの状態より遠ざかる程度は第2正相回路中の損失が大きい程甚しい。此の性質は負荷のみならず系統全体に現れる。而して両中性点電位も

$$\begin{aligned} V_N^S &= -\frac{3}{\Delta_2'} Z_N^R Z_{00}^R Z_{10}^R E_{a1}^S \\ V_N^R &= -\frac{3}{\Delta_2'} Z_N^R RS_{00} Z_{10}^R E_{a1}^S \quad V_{\angle} \end{aligned} \quad (7 \cdot b6)$$

となり零でなくなる。中性点電位は第2正相回路中の損失が大きい程高くなる。

実際の送電線路に於いてはRが小さいから系統中の電位及び電流の分布は第2正相回路が無損失なる場合の1線完全地絡故障の際に似て居る。而も受電端に於いて負荷に直列に十分大きな第2正相 Impedance を接続して置けば  $\Delta_2'$  が

$$\Delta_2' \doteq (S_{00}+T_{00}Z_{00}^R)(S_{10}+T_{10}Z_{10}^R)S_{20}Z_{20}^R \quad \Omega^4_{\angle}$$

となつて第2正相回路の損失の影響を殆んど受けなくなる。而して  $\Delta_2'$  は十分大きいから地絡電流が十分小さくなるのみならず (7・b4) 及 (7・b5) 式は

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^R \\ V_{a1}^R \\ V_{a2}^R \end{bmatrix} \doteq \frac{Z_{10}^R}{S_{10}+T_{10}Z_{10}^R} E_{a1}^S \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} \quad V_{\angle}$$

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} \doteq \frac{Z_{10}^R}{S_{10}+T_{10}Z_{10}^R} E_{a1}^S \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{Z_{10}^R} \\ -\frac{1}{Z_{20}^R} \end{bmatrix} \quad A_{\angle}$$



となり損失が無い場合と殆んど同じである。第2正相線電流が十分小さいことは云う迄も無い。

又系統の中性点電位も殆んど零となる。

1 線不完全地絡の場合には地絡電流は

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^P \\ I_{a1}^P \\ I_{a2}^P \end{bmatrix} = \frac{E_{a1}^S}{\Delta_2} \begin{bmatrix} \frac{1}{3} Y^P R (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) Z_{10}^R \\ \\ \\ \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \text{但し } \Delta_2 = & \frac{1}{3} Y^P [(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R)(S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) S_{20} Z_{20}^R + R \{(S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) S_{00} Z_{00}^R \\ & + (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{10} Z_{10}^R\}] + R(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R)(S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) \\ & \Omega^2 \angle \quad (7 \cdot b7) \end{aligned}$$

となり残留電流を生ずる。

残留電流は第2正相回路の損失と地絡 Admittance との函数であつて系統が健全なとき故障点に現はれる電位と同相ではない。

実際の送電系統に於いてはRが小さいから地絡 Admittance  $Y^P$  が余程小くない限り地絡 Admittance の影響が大きくない。従つて残留電流は十分小さくなり消弧に支障を來すことはない。而も受電端に於いて負荷に直列に十分大きい第2正相 Impedance を接続して置くならば残留電流は愈々小さく1線完全地絡の場合に近くなる。此の場合負荷の電位及び線電流は

$$\begin{bmatrix} V_{a0}^R \\ V_{a1}^R \\ V_{a2}^R \end{bmatrix} = \frac{Z_{10}^R}{\Delta_2} E_{a1}^S \begin{bmatrix} -\frac{1}{3} Y^P R S_{00} Z_{00}^R \\ \frac{1}{3} Y^P [(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{20}^R + R S_{00} Z_{00}^R] + R(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) \\ -\frac{1}{3} Y^P (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{20}^R \end{bmatrix}$$

V  $\angle$  (7 · b8)

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} = \frac{Z_{10}^R}{\Delta_2} E_{a1}^S \begin{bmatrix} -\frac{1}{3} Y^P R S_{00} \\ \frac{1}{3} Y^P [(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} Z_{20}^R + R S_{00} Z_{00}^R] \frac{1}{Z_{10}^R} + R(S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) \frac{1}{Z_{10}^R} \\ -\frac{1}{3} Y^P (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{20} \end{bmatrix}$$

A  $\angle$  (7 · b9)

となる。上式から判る様に第1正相負荷は系統が健全なときの状態を保持せず又零相負荷も端子電位と線電流とが零でなく系統が健全なときの状態ではない。零相及び第2正相の両負荷が系統の健全な状態より遠ざかる程度は第2正相回路中の損失が大なる程、又地絡 Admittance が小さい程甚しくなる。

此の性質は負荷のみならず系統全体に現はれる。而して両中性点電位も

$$\begin{aligned} V_N^S &= -\frac{1}{\Delta_2} Y^P Z_N^R R Z_{00}^R Z_{10}^R E_{a1}^S \\ V_N^R &= -\frac{1}{\Delta_2} Y^P Z_N^R R S_{00} Z_{10}^R E_{a1}^S \quad V \angle \end{aligned} \quad (7 \cdot b10)$$

となり零ではない。中性点電位は第2正相回路中の損失が大きい程、又地絡 Admittance が小さい程高くなる。

実際の送電線路に於いてはRが小さいから地絡 Admittance が甚しく小さくない限り完全地絡故障の場合に近い。而も受電端に於いて負荷に直列に十分大なる第2正相Impedance を接続して置けば  $\Delta_2$  は地絡 Admittance が相当小さくても

$$\Delta_2 \doteq \frac{1}{3} Y^P (S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) S_{20} Z_{20}^R$$

となり従つて系統は地絡 Admittance の影響を受けなくなる。而して  $\Delta_2$  は相当大きいから地絡電流が十分小さくなるのみならず (7・b8) 及び (7・b9) 式は

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} V_{a0}^R \\ V_{a1}^R \\ V_{a2}^R \end{bmatrix} &= \frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10} Z_{10}^R} E_{a1}^S \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} & V_L \\ \begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} &= \frac{Z_{10}^R}{S_{10} + T_{10} Z_{10}^R} E_{a1}^S \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{Z_{10}^R} \\ -\frac{1}{Z_{20}^R} \end{bmatrix} & A_L \end{aligned}$$

となり地絡 Admittance の影響が無くなるのみならず損失も無い場合と同じになる。第2正相電流は云う迄も無く十分小さくなる及系統の中性点電位も殆んど零となる。

(c) 2線地絡故障の場合の偽作

〔例2・1〕に於いて取扱つた完全対称3相系の受電端でb及びcの両線に地絡故障が生じた場合を考えよう。

簡単のために故障は完全地絡であり第2正相回路内に於いては損失が皆無であるとすれば地絡電流は〔例3・1〕(19)式から

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} I_{a0}^P \\ I_{a1}^P \\ I_{a2}^P \end{bmatrix} &= \frac{Z_{10}^R}{(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{10} Z_{10}^R + (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) S_{00} Z_{00}^R} E_{a1}^S \begin{bmatrix} -(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) \\ S_{00} + T_{00} Z_{00}^R \\ 0 \end{bmatrix} \\ & A_L \quad (7\cdot c1) \end{aligned}$$

此の場合には第2正相地絡電流は零となるけれども零相及び第1正相の両地絡電流は零とならない。従つて故障相bとcとでは地絡電流は勿論零ではない。而も短絡性の大電流である。

負荷の端子電位及び線電流は (18) 及び (17) 式から

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} V_{a0}^R \\ V_{a1}^R \\ V_{a2}^R \end{bmatrix} &= \frac{Z_{10}^R}{(S_{00} + T_{00} Z_{00}^R) S_{10} Z_{10}^R + (S_{10} + T_{10} Z_{10}^R) S_{00} Z_{00}^R} E_{a1}^S \begin{bmatrix} S_{00} Z_{00}^R \\ // \\ // \end{bmatrix} \\ & A_L \quad (7\cdot c2) \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} I_{a0}^R \\ I_{a1}^R \\ I_{a2}^R \end{bmatrix} = \frac{Z_{i0}^R}{(S_{00} + T_{00}Z_{00}^R)S_{10}Z_{10}^R + (S_{20} + T_{10}Z_{10}^R)S_{00}Z_{00}^R} E_{a1}^R \begin{bmatrix} S_{00} \\ \frac{S_{00}Z_{00}^R}{Z_{10}^R} \\ \frac{S_{00}Z_{00}^R}{Z_{20}^R} \end{bmatrix} \quad A_{\angle} \quad (7\cdot c3)$$

となる。(7・c2) 式から判る様に零相負荷及び第1正相負荷の端子電位は共に系統が健全なときの状態ではない。而して完全に地絡せられた端子 $R_b$ と $R_c$ とに於いては電位が共に零となる。又 (7・c3) 式から判る様に零相負荷及び第1正相負荷の線電流は共に系統が健全なときの状態ではない。而して負荷が同期機の様な回轉機であれば2線完全地絡故障の発生と同時に負荷は逆回轉を始めることになる。

上記の様に2線地絡故障に対しては消弧条件が $S_{20} + T_{20}Z_{20}^R = 0$ である消弧装置も用をなさないことが判る。是は第2正相回路の共振が何等有効に利用されて居ないから当然の結果と云はねばならない。但し此の場合にも若し受電端に於いて負荷に直列に大なる第2正相 Impedance を接続して置くならば第2正相線電流を十分小さくすることが出来るのである。

以上第2正相回路の共振を利用する新方式の消弧装置に就いて主として1線地絡故障時に於ける傍程を述べ2線地絡故障時に於ける傍作に言及した。

元來零相回路の共振を利用する従來の消弧装置は次の欠陥を有する。即ち

- (1) 1線地絡故障の際零相電流が流れるから近接する他系統の送電線路及び通信線路に誘導障害を与える。
- (2) 地絡故障の際流れる零相線電流のため系統の架空地絡電流を増大するので安定度を低下する。
- (3) 2回線並列送電の場合故障回線の選択遮断が困難である。
- (4) 系統が対称3相式でない場合異狀直列共振現象が生ずる。

然るに筆者が提昌する新消弧方式即ち第2正相回路の直列共振を利用する消弧装置を使用し受電端に於いて十分大なる第2正相直列 Impedance を接続して第2正相線電流を制限する方式では上記欠陥を殆んど完全に除去することが出来るのである。即ち新消弧方式に於いては

- (1)及び(2) 1線地絡故障時に零相線電流が殆んど流れないから此の欠陥は全く無い。
- (3) 並列2回線送電線路に於いて従來の消弧装置が故障回線の選択遮断に困難を感じる一つの原因は両回線間に線路の直列 Impedance 及び並列 Admittance の不平衡があるからである。新方式では各回線に消弧装置を設けることが出来るので此の不平衡を軽減することが出来且つ其の影響を軽減することが出来るので不良回線の選択遮断が容易になる。
- (4) 系統固有の第2正相回路の定数は小さいから消弧条件を満たすには相当大きな3相 Inductance と静電容量とを系統に附加しなければならない。依つて受電端に置く第2正相直列 Impedance の大きさを適当に制限し送電端に相当大きな Inductance と静電容量とを附加するならば回路定数の不平衡度は殆んど云うに足りない程度になるので異狀直列共振現象が除去される。

消弧装置により補償された送電線路は我が国に於いても亘長一万数千軒に達して居る。

更に独乙では100kV以上の高電圧線路の殆んど全部が補償されて居ると云はれる。斯くの如く消弧装置は廣く使用されて居るのではあるが上記諸欠陥のためにその利用が飛躍的に増加することは望めない状態である。然るに新消弧方式は是等諸欠陥を悉く除去して居るから消弧設備の利用も益々増大されることになる。

更に新消弧方式には注目を要する大きな長所がある。此の最大の長所は新方式消弧装置を使用することにより中性点直接々地の送電が可能となると云うことである。新消弧方式が従来の消弧装置の欠点を全く除去していると云うことは單に消極的な長所に過ぎないのである。我が国に於いては誘導障害を軽減するために系統中性点は抵抗接地或いは Impedance 接地方式を採用しているがこのために継電器、避雷器及び系統絶縁強度に就いて種々の困難を味つて居り275KV新北陸幹線新設に際し漸く此の問題に反省が加えられる機運になつて來て居る。新消弧方式は此の問題に就いて恰好の解決を与えるものと考えられるのである。即ち新消弧方式によつて補償せられた系統に於いては1線地絡故障時に零相線電流が殆んど流れず従つて系統中性点電位が殆んど零であると云うこと並に新消弧方式は第2正相回路に於いて消弧偽作をなすものであるが第2正相回路自体は中性点直接々地方式となつて居ることの二点が相俟つて系統中性点の直接々地方式が実施可能となる。

此のことは我が国送電方式上に革命をもたらすものであり此の意味で我が国に於いても新消弧方式の使用が飛躍的に拡大されることになる。而して更に直接々地送電方式を採用して居る国々例えば米国に於いてすら新消弧方式採用の利益であることが考えられるのである。

但し消弧方式にも欠陥が有る。其の一つは受電端に於いて大きい第2正相直列 Impedance を直列に接続する必要があると云うことである。現在の所斯くの如き Impedance は回轉機によつて求める外ないので系統の動的特性を複雑ならしめる。第2は3相の Inductance で共振同調をなさしめる場合には常時の電力損失を伴うことである。是等の点に就いては解決を今後の研究にまたねばならない。

[7.1] 別宮、漆畑両氏の発明。 昭和9年特許第107972号

吉田氏の発明。 昭和10年特許第109891号

## 第8節 結 言

本文に於いては対称座標法により送電線路の永久地絡現象を解析し消弧装置に言及した。考え方が甚しく我流に隋して居るから本文で述べた所に幾多の誤謬を犯して居るのではないかを虞れ御叱正を切望するもの切なるものがある。

終りに本研究は文部省科学研究費によつて行はれたもの及び其の繼續であることを附記し相筆に當つて当局と御援助を賜つた本学の諸先生に深甚の謝意を表する。 終り

## 参考文献

別宮貞俊：対称座標法解説

三田 民雄：消弧装置  
宮本 茂業

山大工学部記要 1 : 対称座標法に就いての一考察

電気3学会第25回連合大会予稿:多相系に於ける Kirchhoff の法則並に其の他

正 誤

(1) 99頁〔例2・2〕(10) 式の第2式は

$$V_N^R = \frac{-3}{\Delta_S} Z_N^R (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) Z_{i0}^R E_{a1}^S$$

と訂正。

(2) 101頁〔例2・2〕(20)式の第2式は

$$V_N^R = \frac{1}{\Delta_{SR}} (S_{20} + T_{20} Z_{20}^R) (1 + \frac{1}{2} Y_{00} Z_{00}) Z_{i0}^R E_{a1}^S$$

と訂正。

従つて電源中性点と負荷中性点とは等電位でない。

(3) 112頁下より10行目。故障相bとcとの線電流  $I_b^R$  と  $I_c^R$  とは共に零となるとある

は誤り。

## GROUND FAULT PHENOMENON IN THE TRANSMISSION LINE

Koreyasu KOBAYASHI

Electrical Engineering Department,

Faculty of Engineering

In this paper the author performed the analytical investigation on the ground fault phenomenon in the transmission line and the performance of the arc supression device.